





Μια εξέταση ΜΤ περιλαμβάνει:



- ⌘ Τοποθέτηση του εξεταζόμενου στον μαγνήτη
 - ⌘ Εκπομπή ραδιοκύματος
 - ⌘ Το ραδιοκύμα παύει να εκπέμπεται
 - ⌘ Ο εξεταζόμενος εκπέμπει σήμα
 - ⌘ Το σήμα χρησιμοποιείται για το σχηματισμό εικόνας
- 

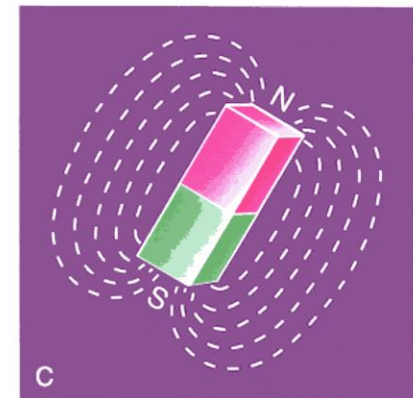
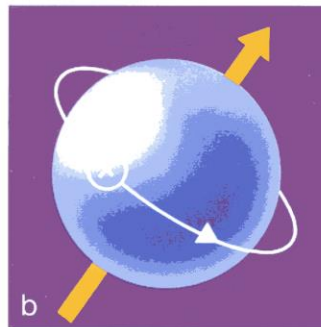
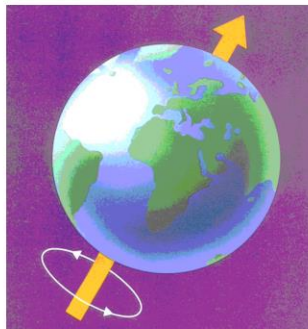
- 
- ⌘ Μια εικόνα MR παριστά τη σχετική απόκριση συγκεκριμένου πυρήνα στην απορροφούμενη ενέργεια από τα ραδιοκύματα.
 - ⌘ Η απεικόνιση με ΜΣ στηρίζεται στη δράση του πυρήνα του ατόμου του υδρογόνου.
 - ⌘ -ένα νουκλεόνιο (πρωτόνιο)
-75% όλων των ατόμων στο ανθρώπινο σώμα
 - ⌘ Μόνο άτομα με περιττό αριθμό πρωτονίων ή νετρονίων μπορούν να παράγουν σήμα NMR
-



⌘ Gauss: Ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός αποτελούν τις δύο όψεις ενός νομίσματος.

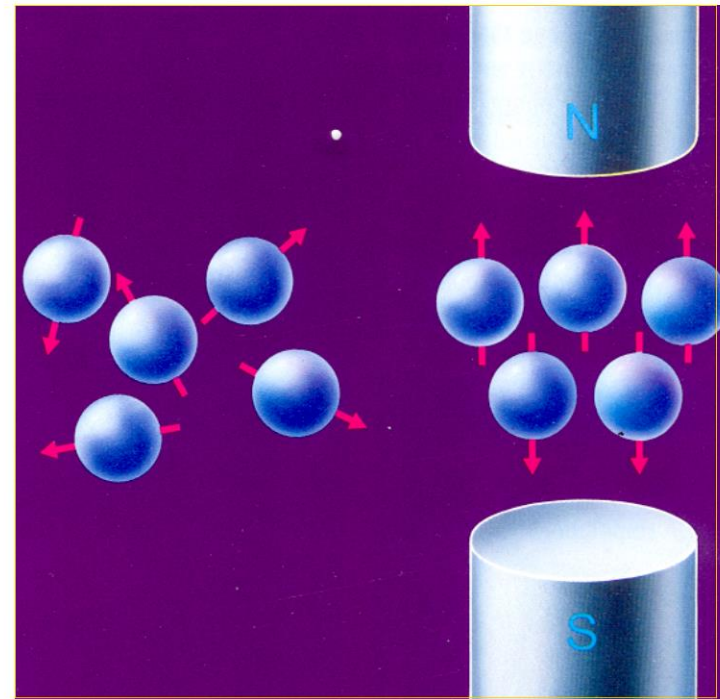
⌘ Όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται, όπως για παράδειγμα το πρωτόνιο που περιστρέφεται περί τον άξονά του, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο με φορά κάθετη προς το επίπεδο της κίνησης του φορτίου.

- ⌘ υδρογόνο=1 p + 1 e
- ⌘ το πρωτόνιο περιστρέφεται γύρω από το άξονά του (spin/στοφορμή)
- ⌘ ως + φορτισμένο σωματίο δημιουργεί ένα μικρό μαγνητικό πεδίο (μικρός μαγνήτης)



Τι συμβαίνει με τα πρωτόνια όταν τα τοποθετήσουμε σε εξωτερικό μαγνητικό πεδίο;

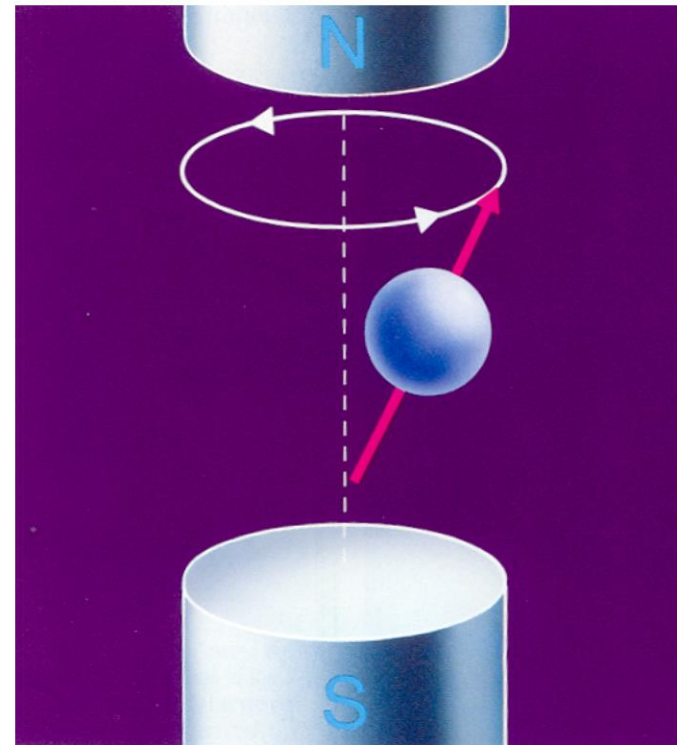
- ⌘ Όταν δεν υπάρχει εξωτερικό μαγνητικό πεδίο προσανατολίζονται τυχαία
- ⌘ Όταν τοποθετηθούν σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο προσανατολίζονται
- ⌘ τύποι: παράλληλα, αντιπαράλληλα



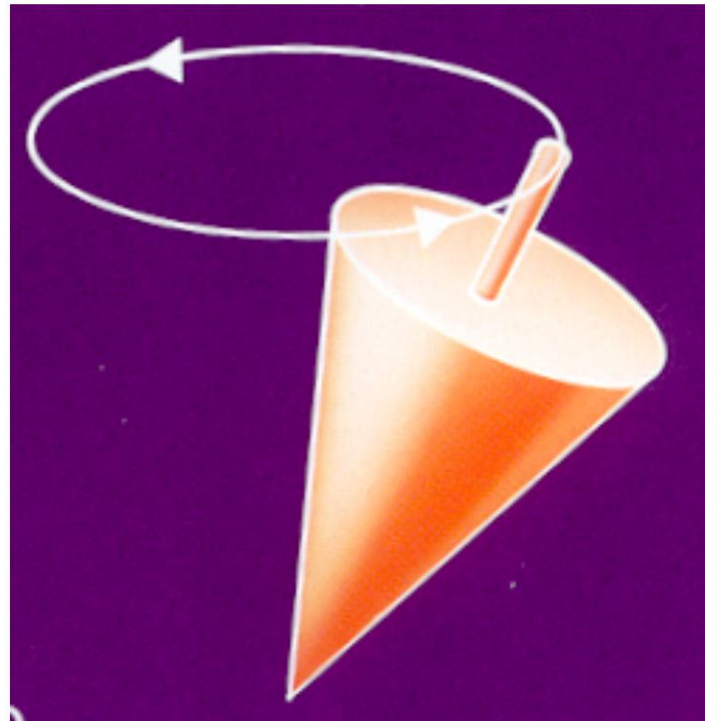
- ⌘ αυτοί οι δύο τύποι προσανατολισμού αντιστοιχούν σε διαφορετικές ενεργειακές στάθμες
- ⌘ η παράλληλη τοποθέτηση απαιτεί πολύ μικρότερη ενέργεια και προτιμάται
- ⌘ η αριθμητική τους διαφορά από τα αντιπαράλληλα πρωτόνια είναι πολύ μικρή και εξαρτάται από την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου



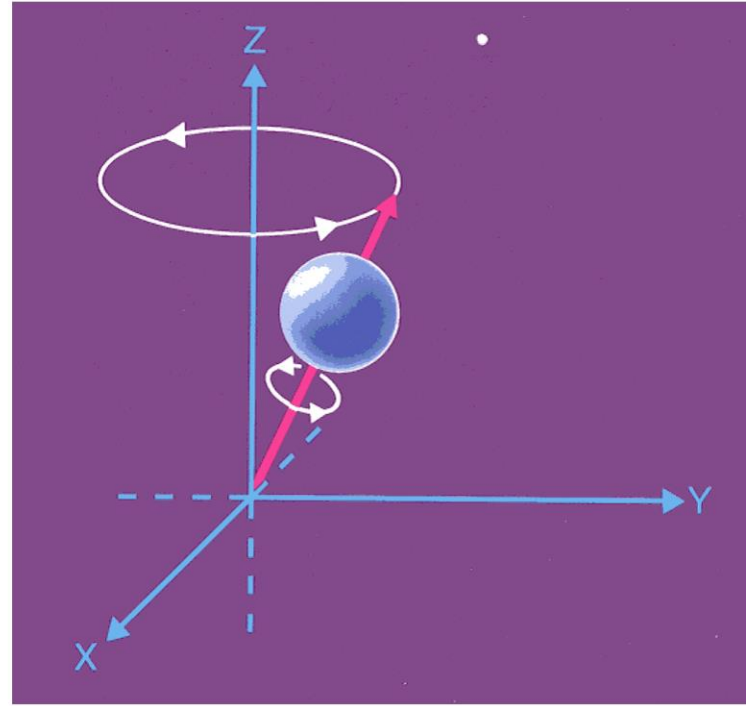
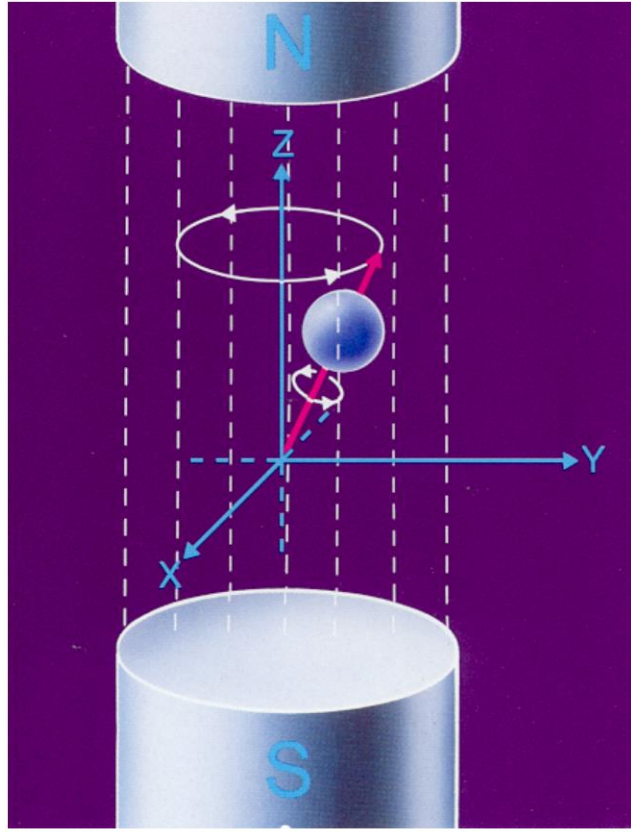
- ⌘ Τα πρωτόνια όντας παράλληλα ή αντιπαράλληλα προσανατολισμένα στο μαγνητικό πεδίο δεν είναι ακίνητα αλλά εκτελούν μια συγκεκριμένη κίνηση που λέγεται **μετάπτωση** (precession)

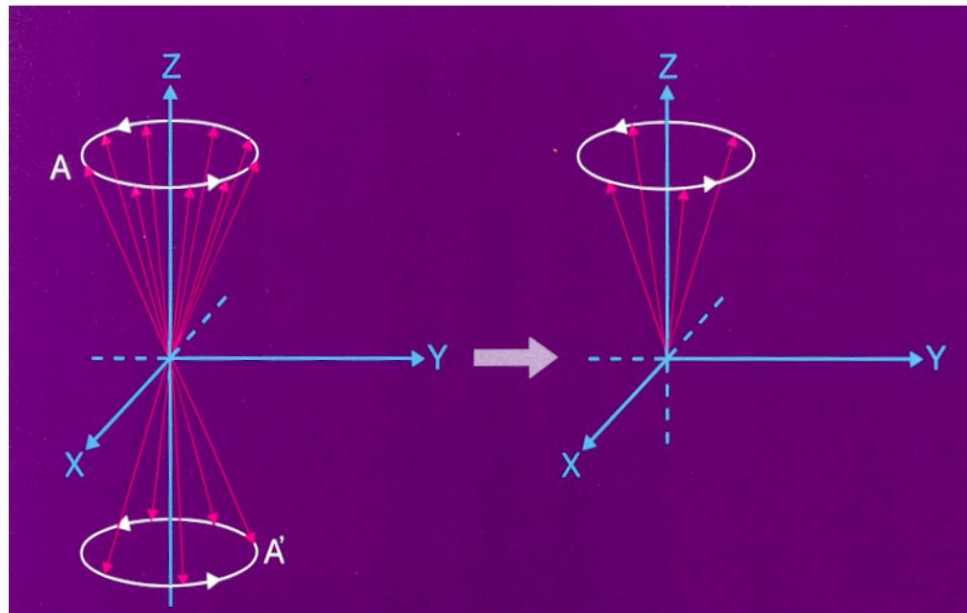


⌘ Σαν μια σβούρα, που όταν τη χτυπάμε ταλαντεύεται, κλονίζεται αλλά δεν πέφτει και κατά τη διάρκεια της μετάπτωσης ο άξονας της σβούρας σχηματίζει έναν κώνο



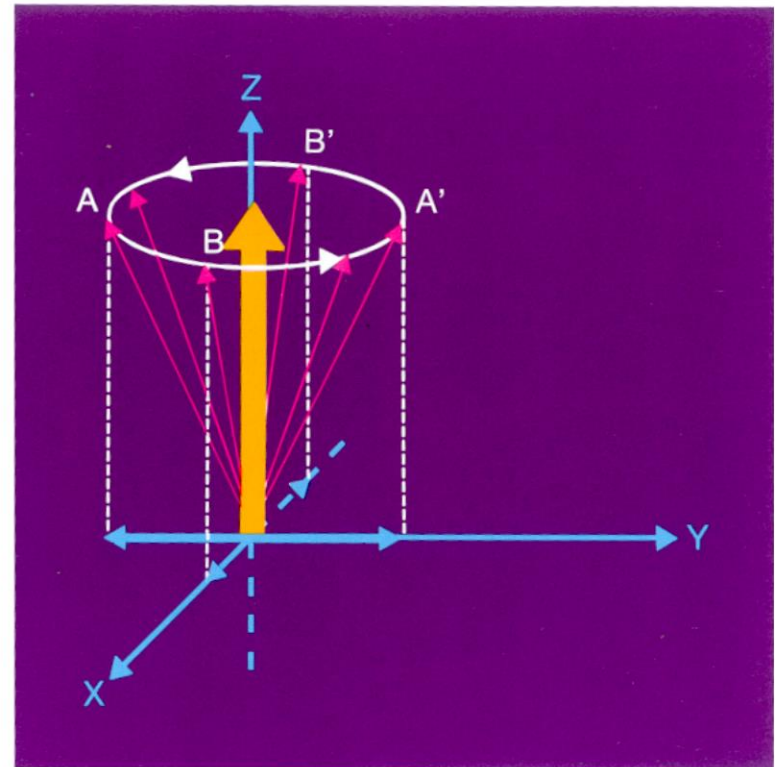
- ⌘ Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη ταχύτητα μετάπτωσης των πρωτονίων που μετράται σαν συχνότητα μετάπτωσης των πρωτονίων
- ⌘ δηλ. πόσες φορές μεταπίπτουν τα πρωτόνια σε ένα sec
- ⌘ δεν είναι σταθερή
- ⌘ εξαρτάται από την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου
- ⌘ εξίσωση Larmor $\omega_0 = \gamma B_0$
 - ω_0 = η συχνότητα μετάπτωσης (Hz ή MHz)
 - γ = η γυρομαγνητική σταθερά του πυρήνα που μεταπίπτει
 - B_0 = η ένταση του στατικού μαγνητικού πεδίου (Tesla)



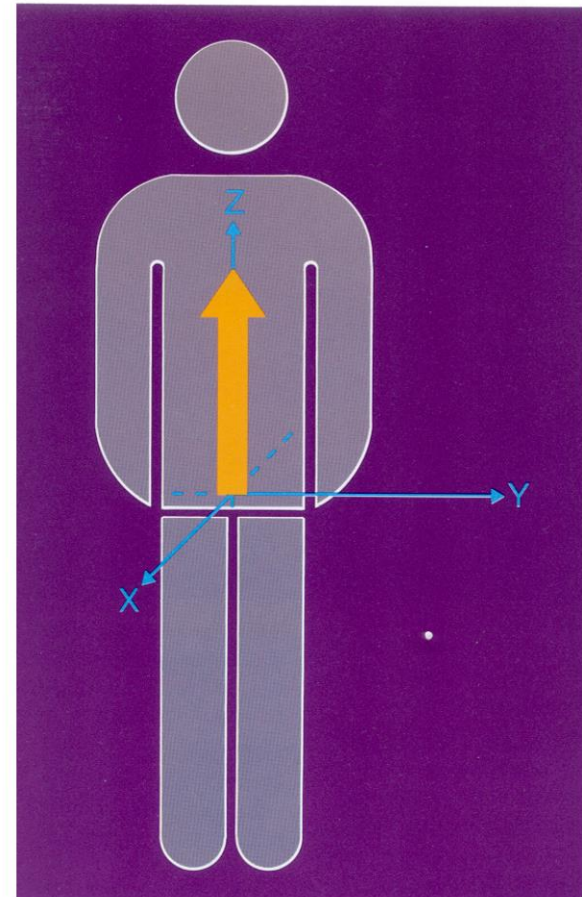


- ⌘ Σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή παράλληλα πρωτόνια εξουδετερώνονται από αντιπαράλληλα

- ⌘ οι αντίθετες μαγνητικές δυνάμεις των παραλλήλων πρωτονίων εξουδετερώνονται προς όλες τις κατευθύνσεις εκτός από αυτή του άξονα $Z \rightarrow$ προστίθενται
- ⌘ άνυσμα κατά τον άξονα $Z =$ σύνολο των επιμέρους μαγνητικών δυνάμεων των πρωτονίων



⌘ Όταν ο ασθενής τοποθετηθεί σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο αυτόματα μετατρέπεται σε μαγνήτη, διότι τα ανύσματα των πρωτονίων που δεν αλληλοεξουδετερώνονται προστίθενται





⌘ Διαμήκης / επιμήκης μαγνήτιση /longitudinal magnetization

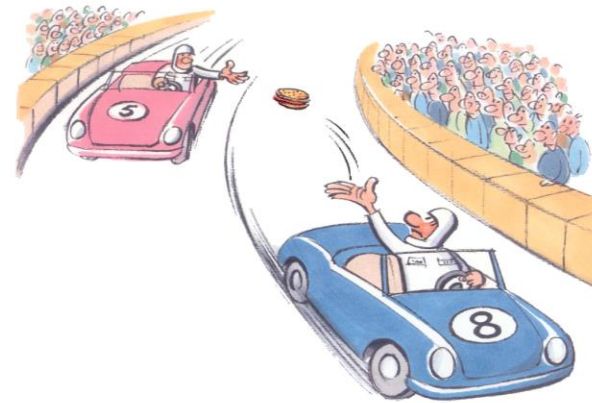
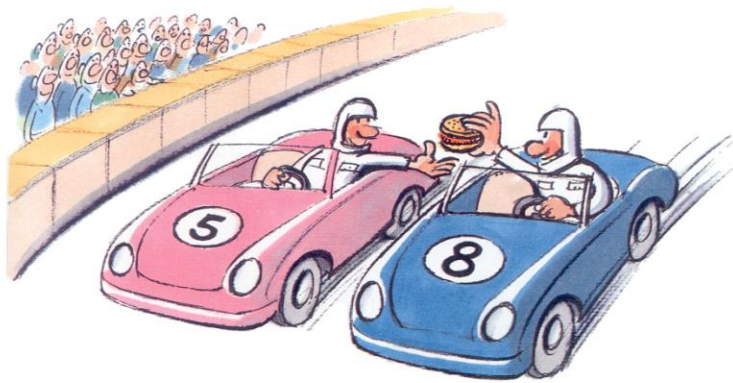
⌘ είναι η συνιστώσα του ανύσματος μαγνήτισης που είναι παράλληλη προς τη διεύθυνση του στατικού μαγνητικού πεδίου

⌘ Μια μαγνητική δύναμη που είναι παράλληλη με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο δεν είναι δυνατό να μετρηθεί → πρέπει να τη στρέψουμε εγκάρσια προς το μαγνητικό πεδίο



Τι συμβαίνει όταν τοποθετούμε τον ασθενή σε μαγνήτη;

- ⌘ Στέλνουμε ένα παλμό ραδιοσυχνότητας (RF pulse)
- ⌘ να παρενοχλήσουμε τα πρωτόνια που εκτελούν ειρηνικά μεταπρωτική κίνηση προσανατολισμένα στο εξωτερικό μαγνητικό πεδίο
- ⌘ χρειάζεται ένας συγκεκριμένος παλμός για να αλλάξει την κατεύθυνση των πρωτονίων

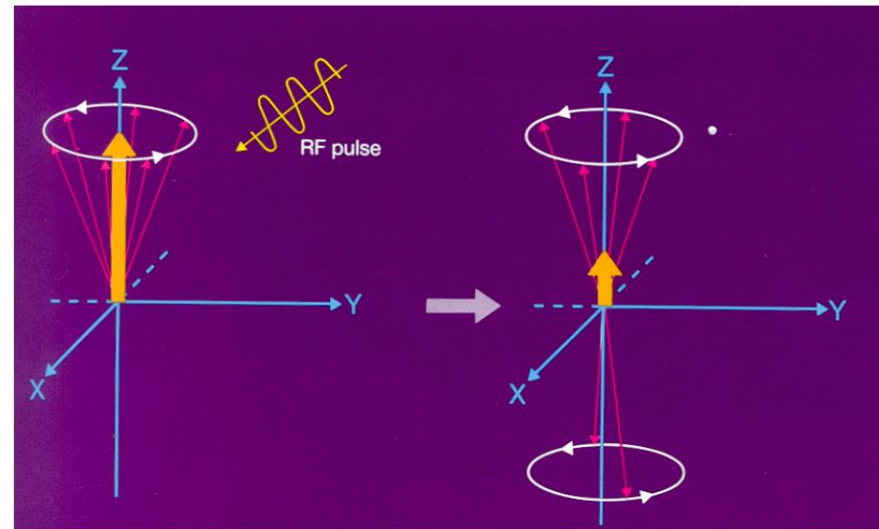


- ⌘ Μόνο όταν ο RF παλμός και τα πρωτόνια έχουν την ίδια συχνότητα είναι δυνατό να προσδοθεί ενέργεια στα πρωτόνια από τον RF παλμό (συντονισμός)
- ⌘ συχνότητα μετάπτωσης πρωτονίων = εξίσωση Larmor = συχνότητα RF παλμού



Τι συμβαίνει με τα πρωτόνια που εκτίθενται σε έναν RF παλμό ;

- ⌘ Μερικά από τα πρωτόνια προσλαμβάνουν ενέργεια και μεταπίπτουν σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη
- ⌘ παράλληλη → αντιπαράλληλη διάταξη
- ⌘ ελαττώνεται η επιμήκης μαγνήτιση



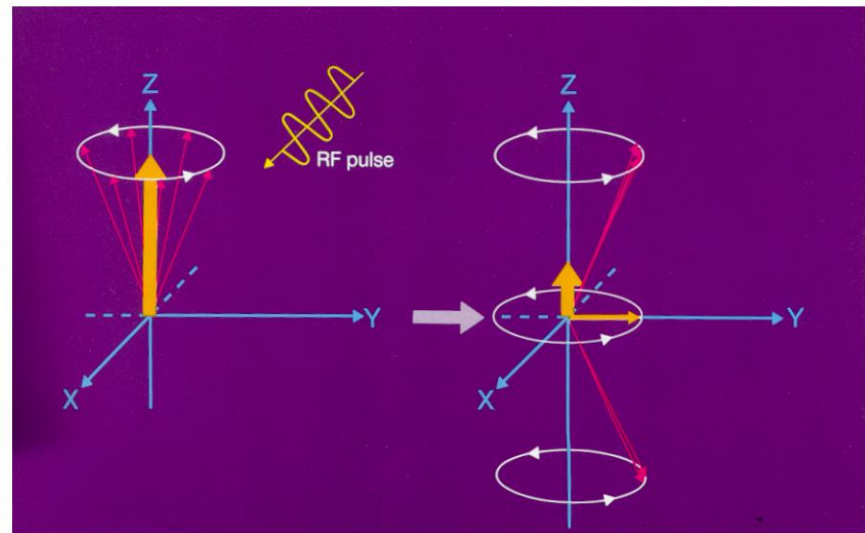
⌘ Όταν συμβαίνει ο παλμός RF τα πρωτόνια αναγκάζονται να μην κινούνται τυχαία αλλά συγχρονίζονται, βρίσκονται σε φάση

⌘ σε φάση = βρίσκονται στην ίδια διεύθυνση συγχρόνως

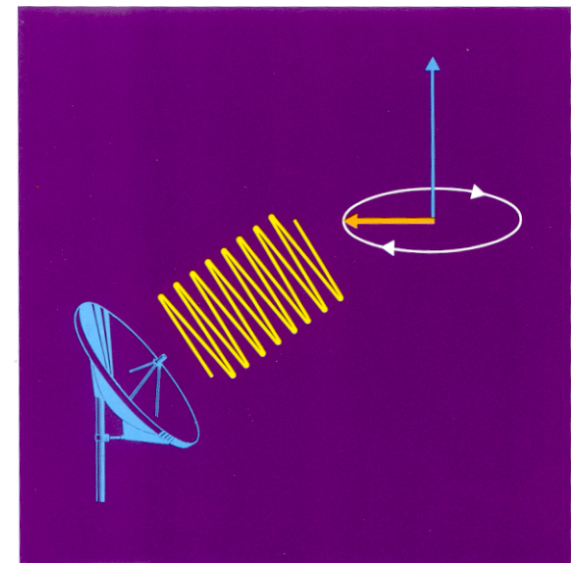


⌘ Πρωτόνια σε **φάση** →
τα μαγνητικά τους
άνυσματα προστίθενται
κατ' αυτή τη διεύθυνση
με αποτέλεσμα να
δημιουργείται ένα
άνυσμα μαγνητικής
δύναμης με εγκάρσια
κατεύθυνση →
εγκάρσια μαγνήτιση

⌘ το νέο άνυσμα κινείται
σε φάση με τα
πρωτόνια που
εκτελούν μεταπτωτική
κίνηση



- ⌘ Η εγκάρσια μαγνήτιση κινείται σε φάση με τα πρωτόνια που εκτελούν μεταπτωτική κίνηση
- ⌘ εξωτερικό παρατηρητή : το νέο άνυσμα συνεχώς αλλάζει κατεύθυνση
- ⌘ όταν μια μαγνητική δύναμη αλλάζει περιοδικά επάγεται ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο δημιουργεί ένα σήμα
- ⌘ αυτό το σήμα που λαμβάνεται είναι το σήμα MRI , που έχει τη συχνότητα μετάπτωσης των πρωτονίων





Όταν σταματήσει ο παλμός RF το όλο σύστημα που επηρεαζόταν από τον παλμό τείνει να επιστρέψει στην αρχική κατάσταση ή όπως λέμε τείνει να χαλαρώσει





Relaxation / χαλάρωση

Είναι η διαδικασία της απελευθέρωσης της ενέργειας RF που απορροφάται από τα πρωτόνια και της επαναφοράς τους στην προηγούμενη κατάσταση ισορροπίας εντός του μαγνητικού πεδίου B_0 .
Χαρακτηρίζεται από τους χρόνους T1 και T2

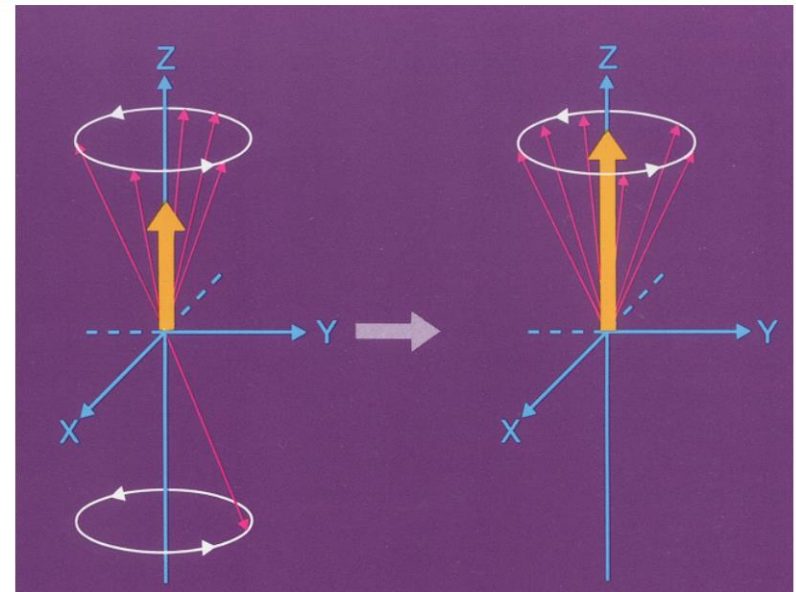
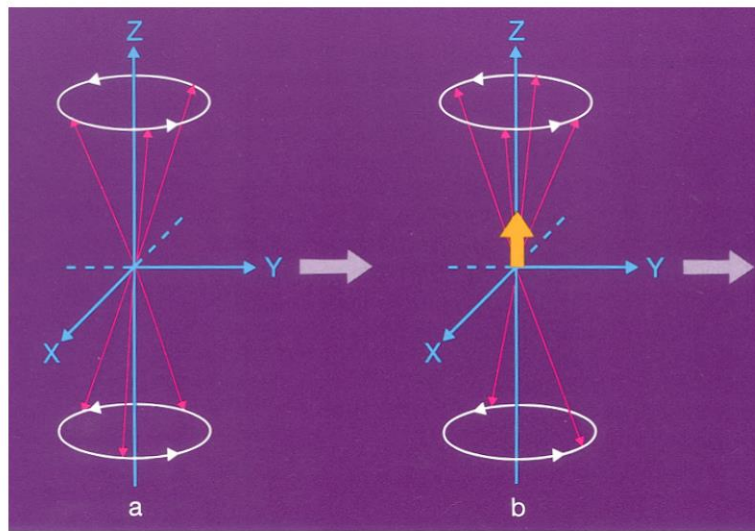




⌘ Επιμήκης χαλάρωση / longitudinal relaxation

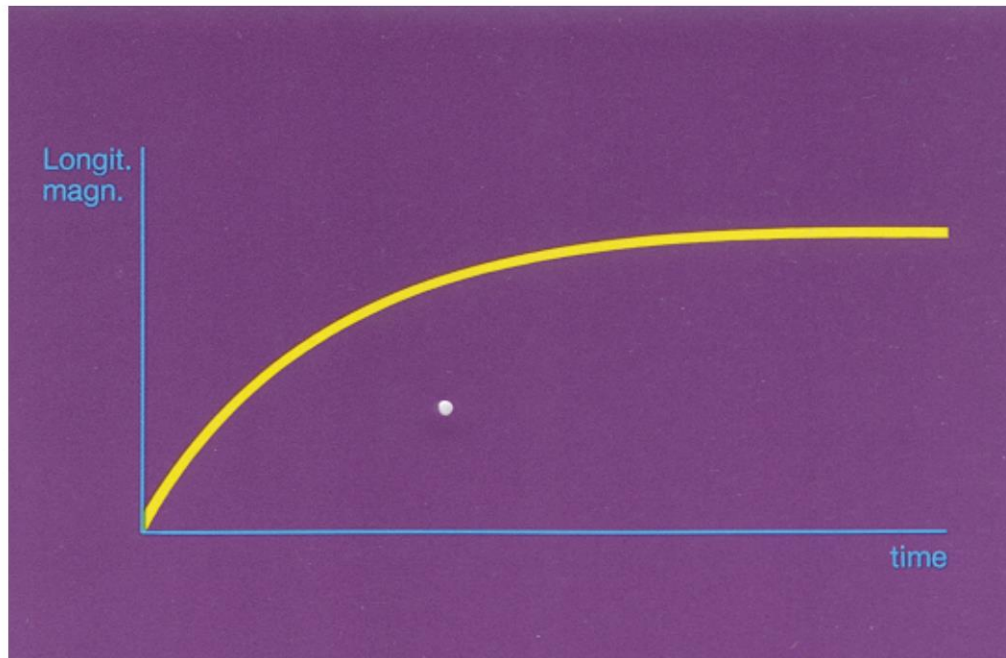
- ⌘ είναι το φαινόμενο της αποκατάστασης της διαμήκουσ μαγνήτισης στο αρχικό της μέγεθος που έχει σε κατάσταση ηρεμίας, μετά τη διέγερση των πυρήνων από έναν παλμό ραδιοσυχνότητας RF
 - ⌘ η ενέργεια από τους διεγερμένους πυρήνες απορροφάται από το ατομικό πλέγμα (**lattice**) που τους περιβάλλει
-

Επιμήκης χαλάρωση




⌘ Η επιμήκης μαγνήτιση αυξάνεται \uparrow σταδιακά και επανέρχεται στην αρχική της τιμή

Επιμήκης χαλάρωση



⌘ T1 καμπύλη

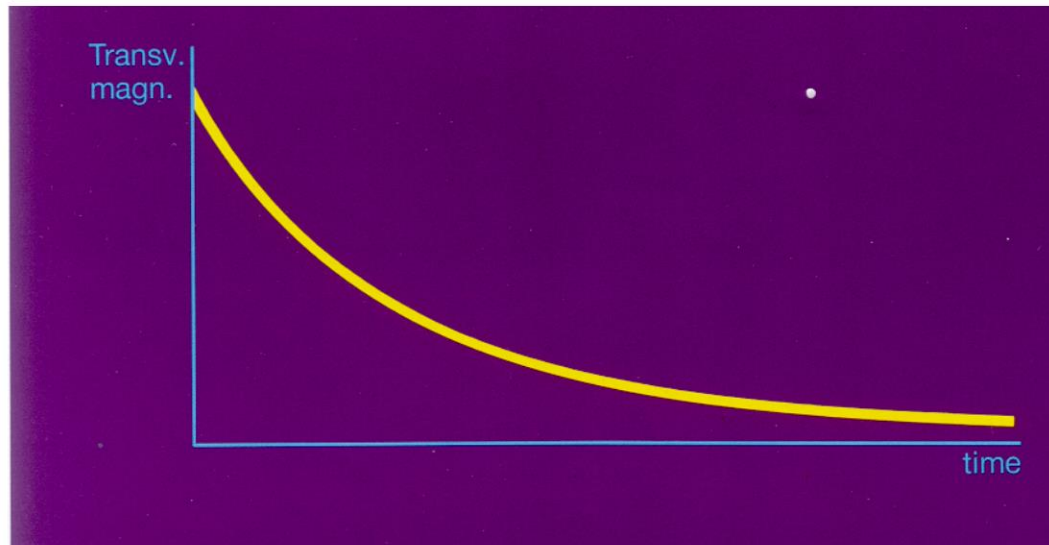
- 
- ⌘ Χρόνο χαλάρωσης T1 / longitudinal relaxation time
 - ⌘ είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται μετά το συντονισμό, για την επαναφορά της επιμήκους μαγνήτισης στο 63% του μεγέθους που έχει σε κατάσταση ηρεμίας
 - ⌘ δηλ. παράμετρος σχετική με το χρόνο που απαιτείται ώστε οι πυρήνες να αποκτήσουν θερμική ισορροπία με ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο
-



⌘ Εγκάρσια χαλάρωση / *transverse relaxation*

- ⌘ είναι η εξάλειψη της συμφασικής κίνησης των μαγνητικών ροπών των πυρήνων, λόγω της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης
 - ⌘ Το αποτέλεσμα είναι η εκθετική αποσβεση της εγκάρσιας μαγνήτισης και του σήματος του μαγνητικού συντονισμού
-

Εγκάρσια χαλάρωση

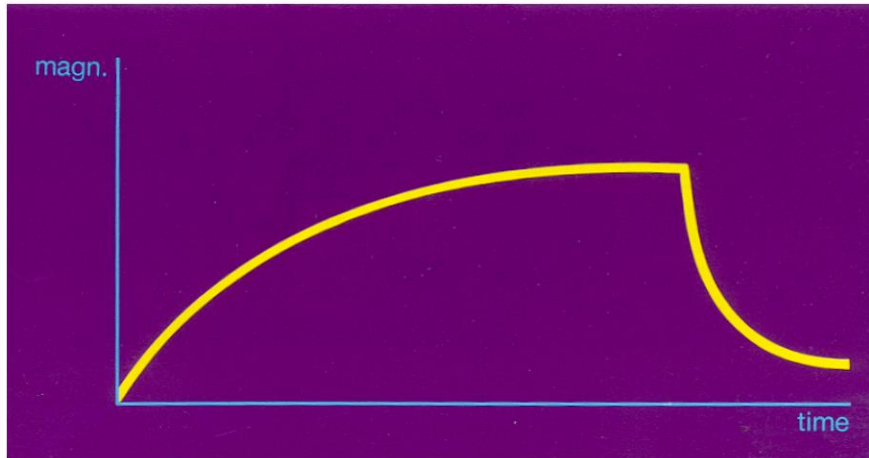


⌘ T2 καμπύλη



⌘ Χρόνος εγκάρσιας χαλάρωσης T2 / transverse relaxation time

- ⌘ παράμετρος σχετική με το χρόνο που απαιτείται ώστε η μεταπτωτική κίνηση των πυρήνων να αποσυντονιστεί, από τις αλληλεπιδράσεις των spin, με επακόλουθο την απόσβεση του σήματος της εγκάρσιας μαγνήτισης
 - ⌘ ορίζει τότε η εγκάρσια μαγνήτιση ελαττώνεται στο 37% της σε σχέση με την αρχική της τιμή
 - ⌘ $T2 = T \times 2 = T T = T t$ (T transversal)
-



- ⌘ Ο T1 είναι μεγαλύτερος από τον T2
- ⌘ σε απόλυτες τιμές για βιολογικούς ιστούς το T1 είναι 300-2000msec και το T2 είναι 30-150 msec

Τα υγρά έχουν μεγάλο T1 και μεγάλο T2 οι ιστοί που έχουν πολλά υγρά έχουν μεγάλους χρόνους χαλάρωσης



⌘ Long drink / water = πολύ ώρα για να ετοιμαστεί το υγρό

Το λίπος έχει μικρό T1 σχετικά μεγάλο T2 αλλά μικρότερο από τα υγρά



⌘ Hamburger = fast food

⌘ το έχουμε σε λίγο χρόνο -fast- αλλά χρειαζόμαστε πολύ χρόνο για να το φάμε

Γιατί το ύδωρ έχει μεγάλο T1 ;

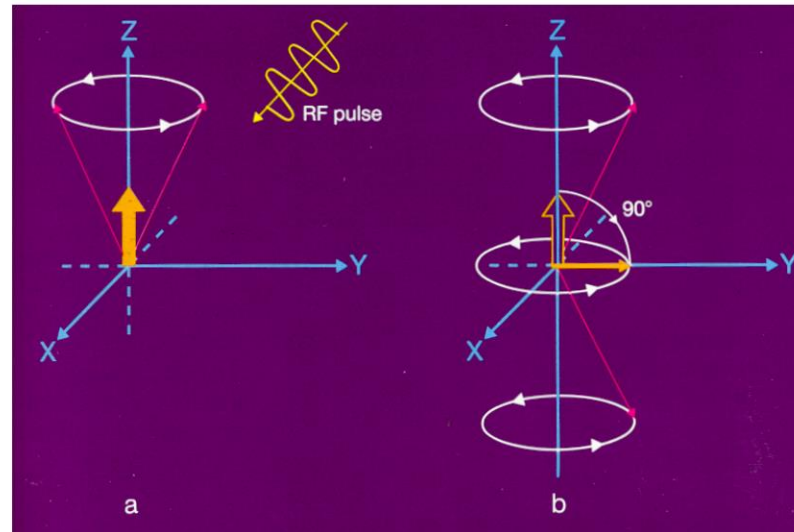
- ⌘ Όταν το lattice αποτελείται από νερό είναι δύσκολο για τα πρωτόνια να απαλλαγούν από την ενέργειά, επειδή τα μικρά μόρια του ύδατος κινούνται πολύ γρήγορα και τα πρωτόνια (που βρίσκονται σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη) δεν μπορούν εύκολα να απαλλαγούν από την ενέργειά τους, άρα το T1 είναι μεγάλο

Γιατί το λίπος έχει μικρό T1 ;



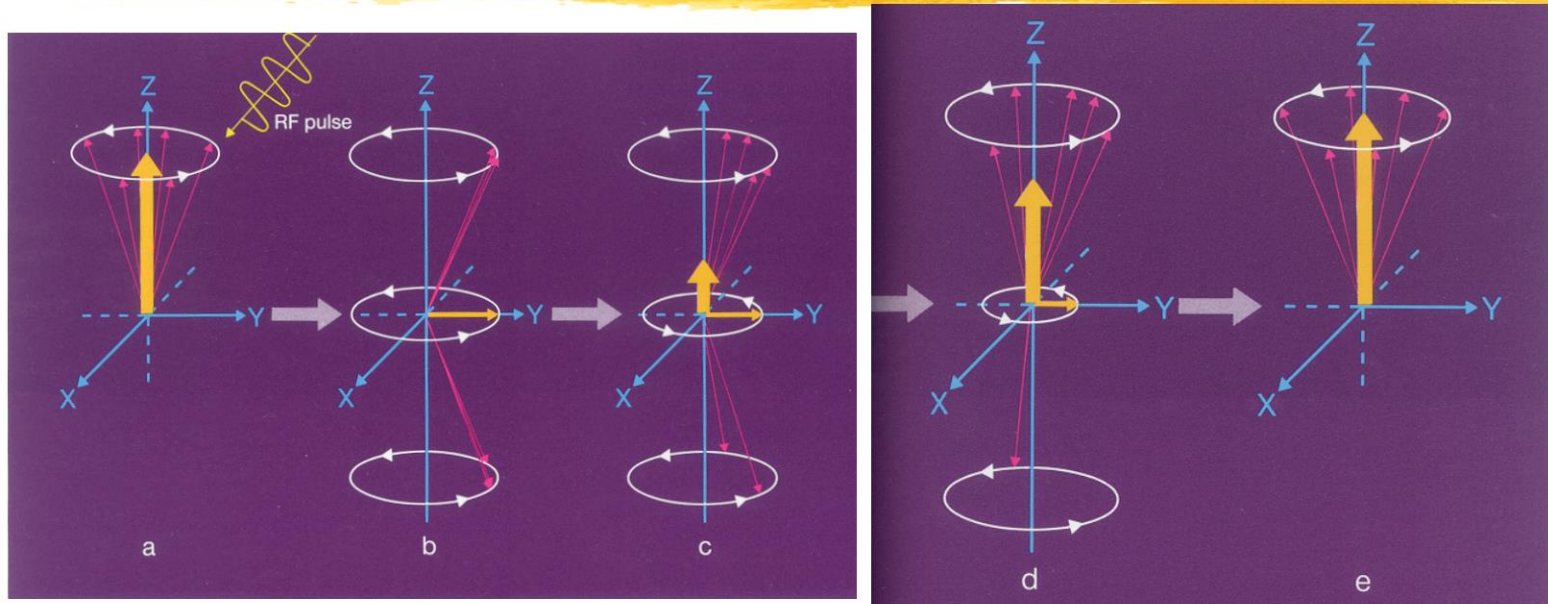
- ⌘ Οι δεσμοί του άνθρακα στα άκρα των αλυσίδων των λιπαρών οξέων έχουν συχνότητες κοντά στη συχνότητα Larmor → την εύκολη μεταβίβαση ενέργειας

Παλμός 90°



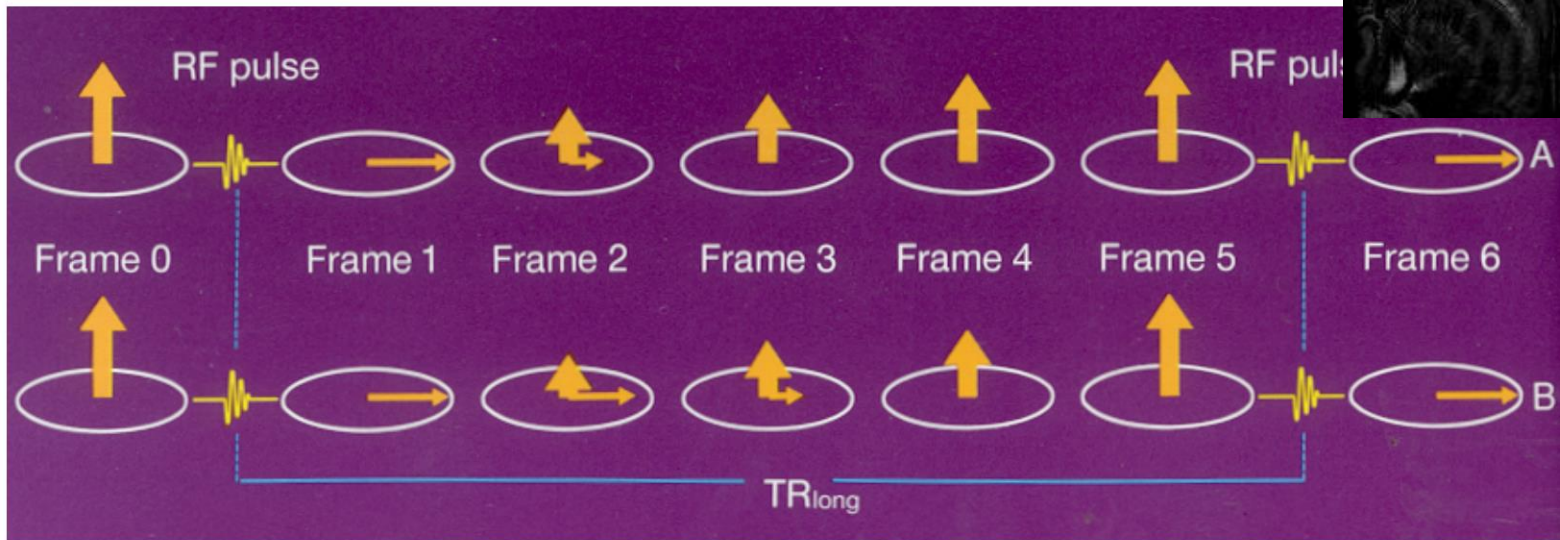
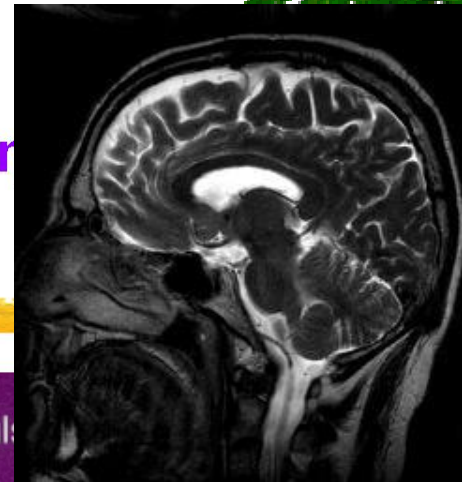
- ⌘ Ένας παλμός που στρέφει την επιμήκη μαγνήτιση κατά 90°
- ⌘ επιμήκης μαγνήτιση=0, εγκάρσια μαγνήτιση

Τι θα συμβεί όταν σταματήσουμε τον RF παλμό;



- ⌘ Τα πρωτόνια επιστρέφουν πάλι στην κατάσταση χαμηλότερης ενεργειακής στάθμης & βγαίνουν εκτός φάσης
- ⌘ οι δύο διαδικασίες γίνονται ταυτόχρονα & ανεξάρτητα η μία από την άλλη
- ⌘ επιμήκης \uparrow & εγκάρσια \downarrow μαγνήτιση

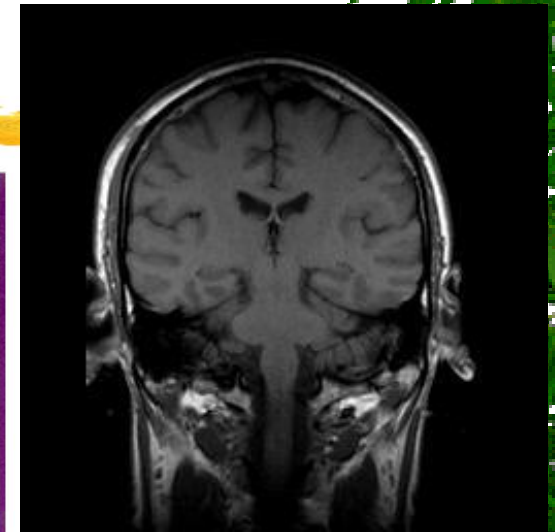
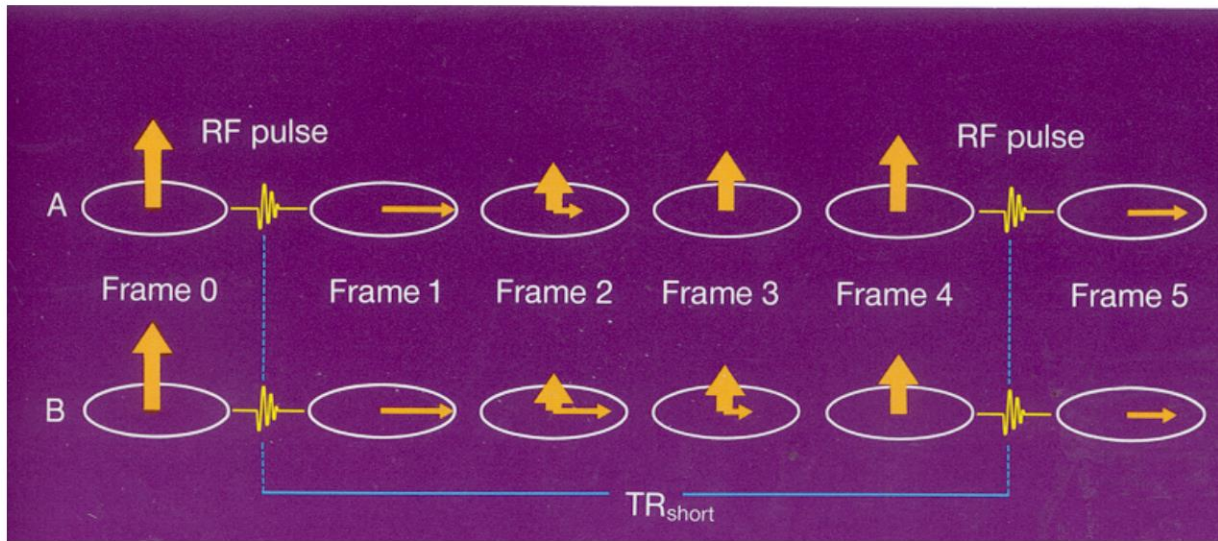
Ιστός A & B με διαφορετικούς χρόνους χαλάρωσης
(A μικρότερο χρόνο χαλάρωσης T1 & T2)



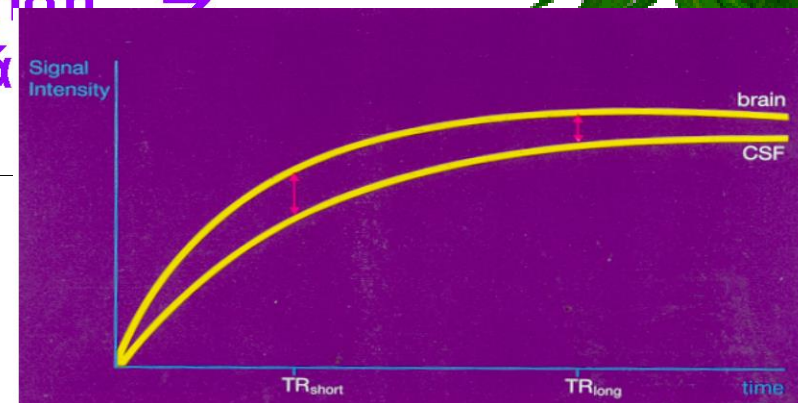
⌘ Παλμός $90^\circ \rightarrow TR_{long} \rightarrow$ παλμός 90°

⌘ ο ιστός A & B κατά τη διάρκεια του TR_{long} θα έχουν ανακτήσει **όλη** την επιμήκη μαγνήτιση \rightarrow **ίδια** εγκάρσια μαγνήτιση \rightarrow **ίδιο** σήμα

Χρόνος χαλάρωσης T1 A < B



- ⌘ Παλμός 90° → TR short → παλμός 90°
- ⌘ ο ιστός A έχει ανακτήσει > ποσότητα επιμήκους μαγνήτισης B → > εγκάρσια μαγνήτιση → εκπέμπει ισχυρότερο σήμα (διαφορά

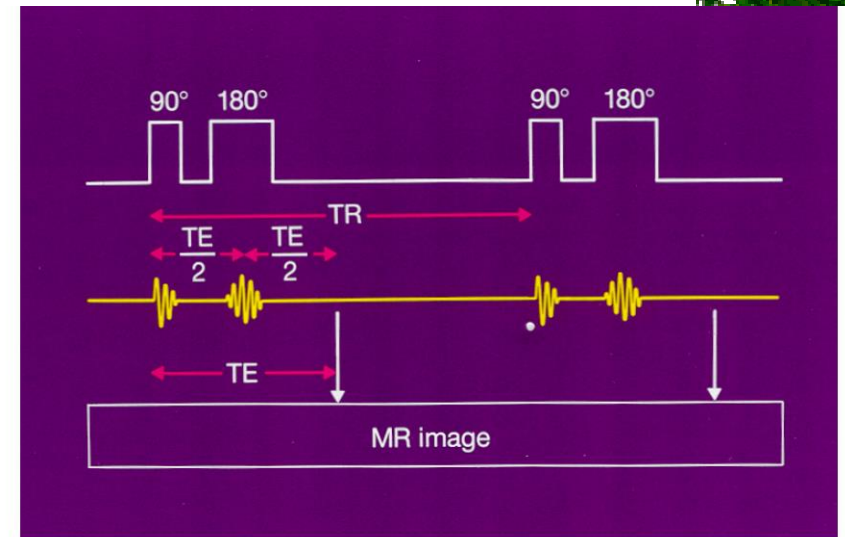


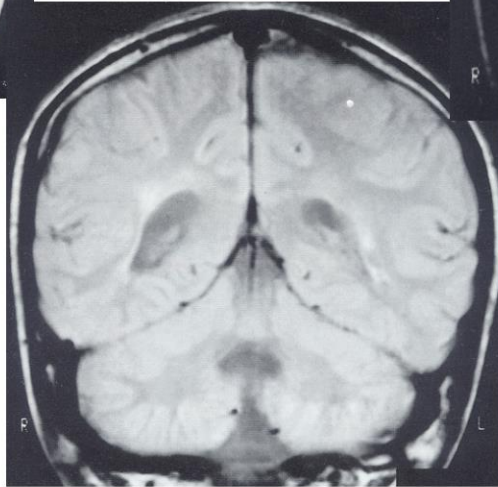
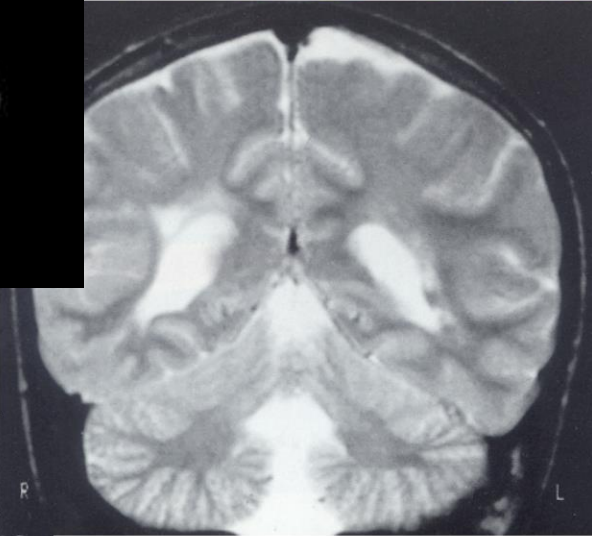
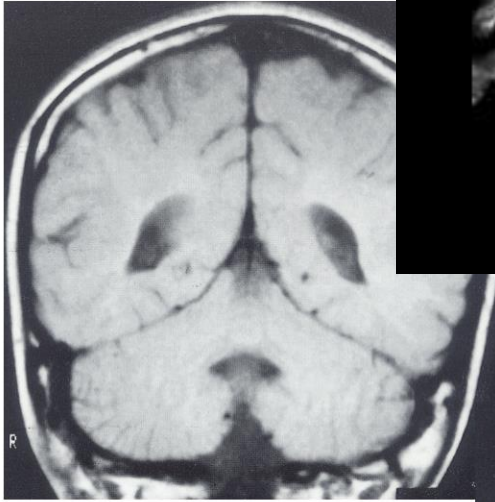
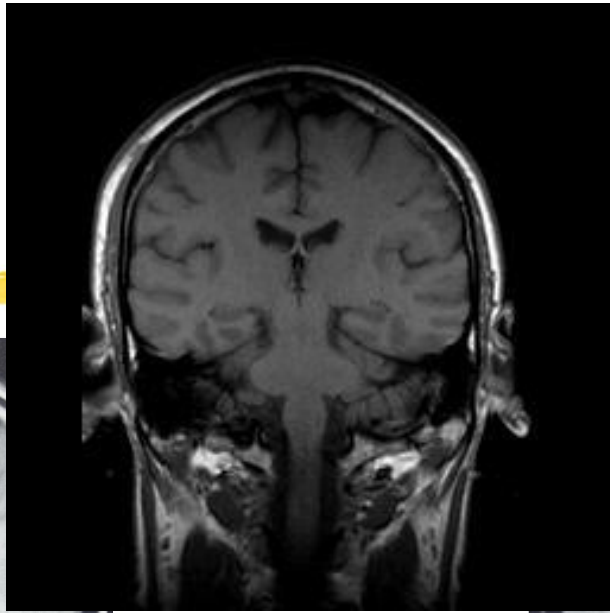
Repetition time / TR / χρόνος επανάληψης

- ⌘ Είναι η χρονική περίοδος μεταξύ της αρχής μιας ακολουθίας παλμών και της αρχής της αμέσως επόμενης
- ⌘ δηλαδή, είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διεγέρσεων των πρωτονίων
- ⌘ αν ο χρόνος υπερβεί 5 φορές το χρόνο διαμήκους χαλάρωσης T₁, τότε λέμε ότι έχουμε πλήρη χαλάρωση
- ⌘ TR short < 500 msec TR long > 1500 msec

Echo time / TE / χρόνος ηχούς

- ⌘ Είναι το χρονικό διάστημα (msec) που μεσολαβεί μεταξύ της εφαρμογής του αρχικού παλμού RF και της λήψης του σήματος
- ⌘ τυπικά, ο χρόνος αυτός είναι βραχύς σε εικόνες T1 (15-13ms) και σχετικά μεγάλος σε εικόνες T2 (60-90ms) προσανατολισμού





Pulse sequence / ακολουθία παλμών



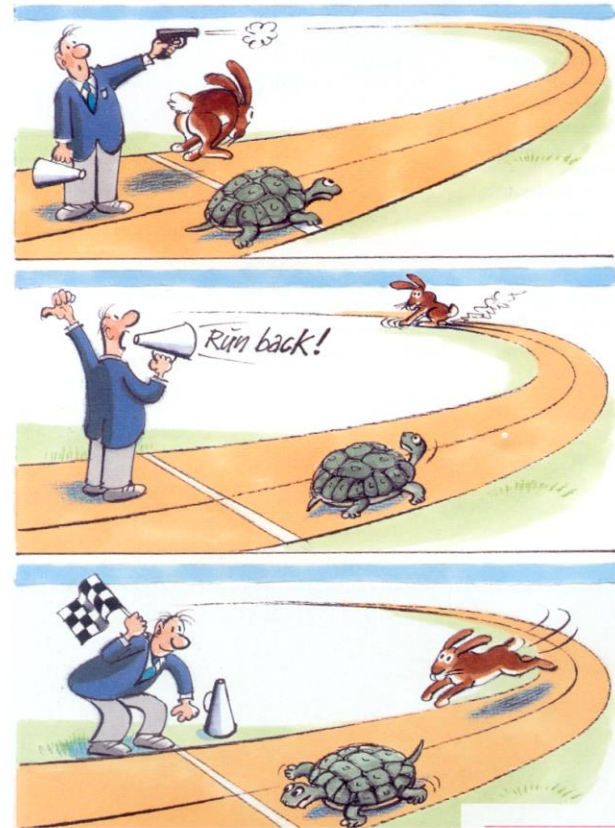
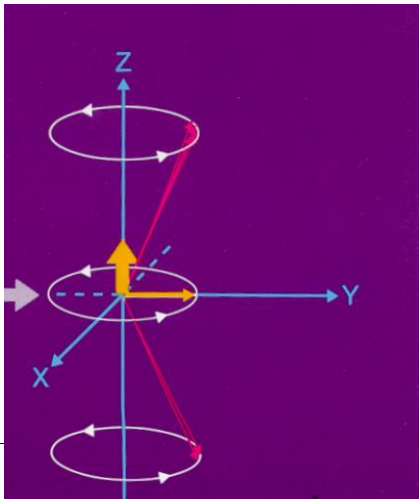
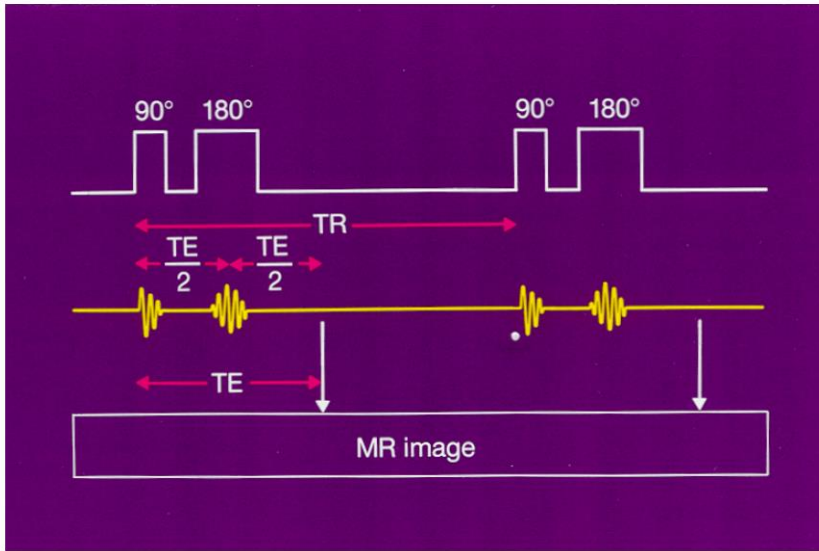
- ⌘ Είναι σειρά διαδοχικών - ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα - παλμών RF στη συχνότητα Larmor (για τη μεταβολή του προσανατολισμού των πυρήνων) και εφαρμογή βαθμιδωτών μαγνητικών πεδίων με επακόλουθη εκπομπή χωρικά προσδιοριζόμενου σήματος

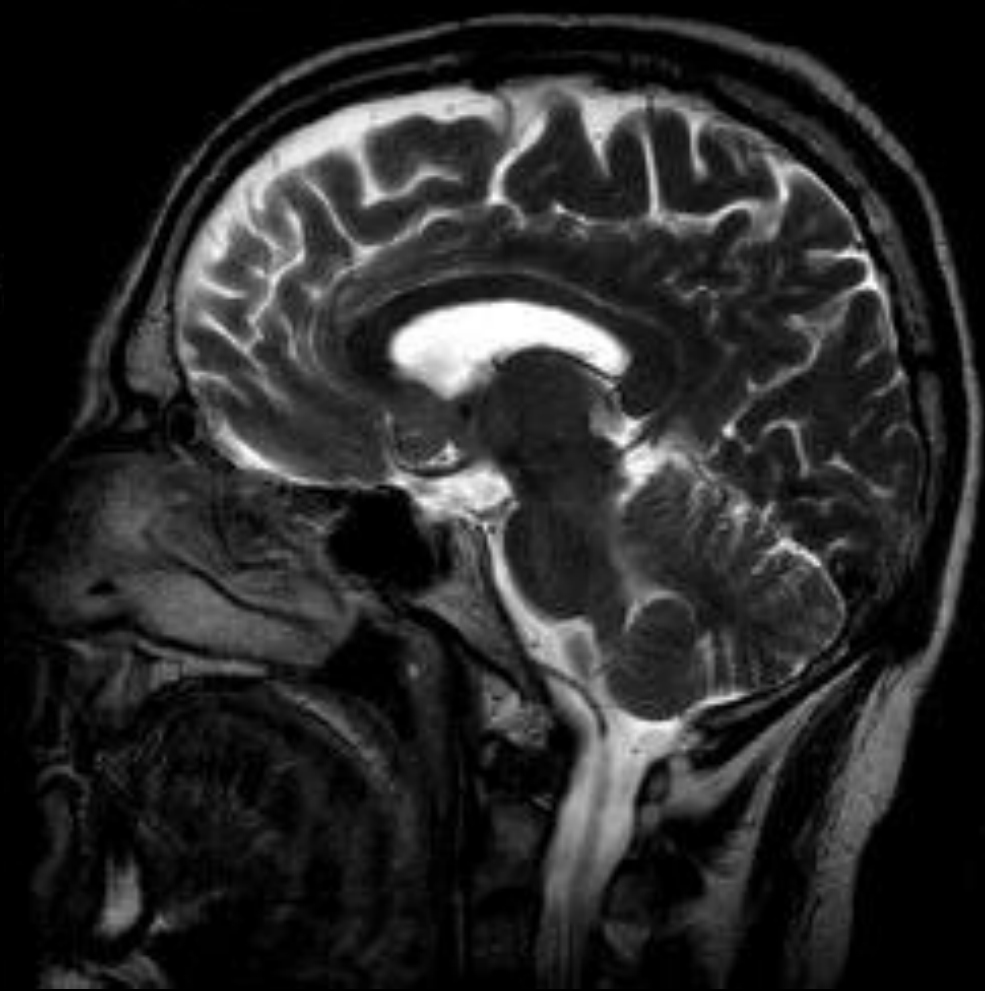
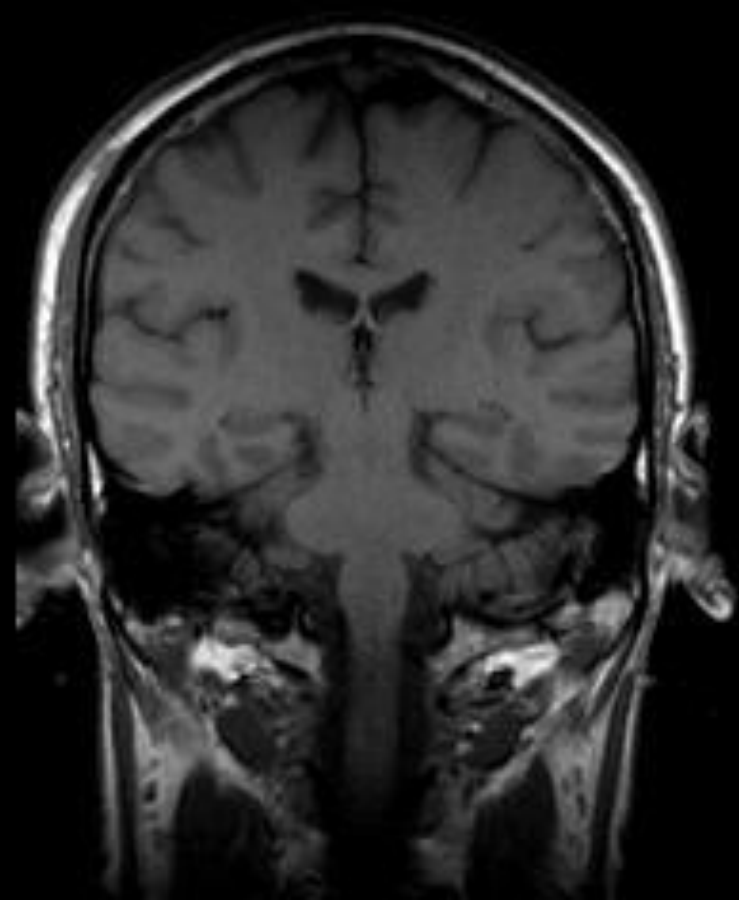


ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ ΠΑΛΜΩΝ

SPIN – ECHO
TSE ,FSE

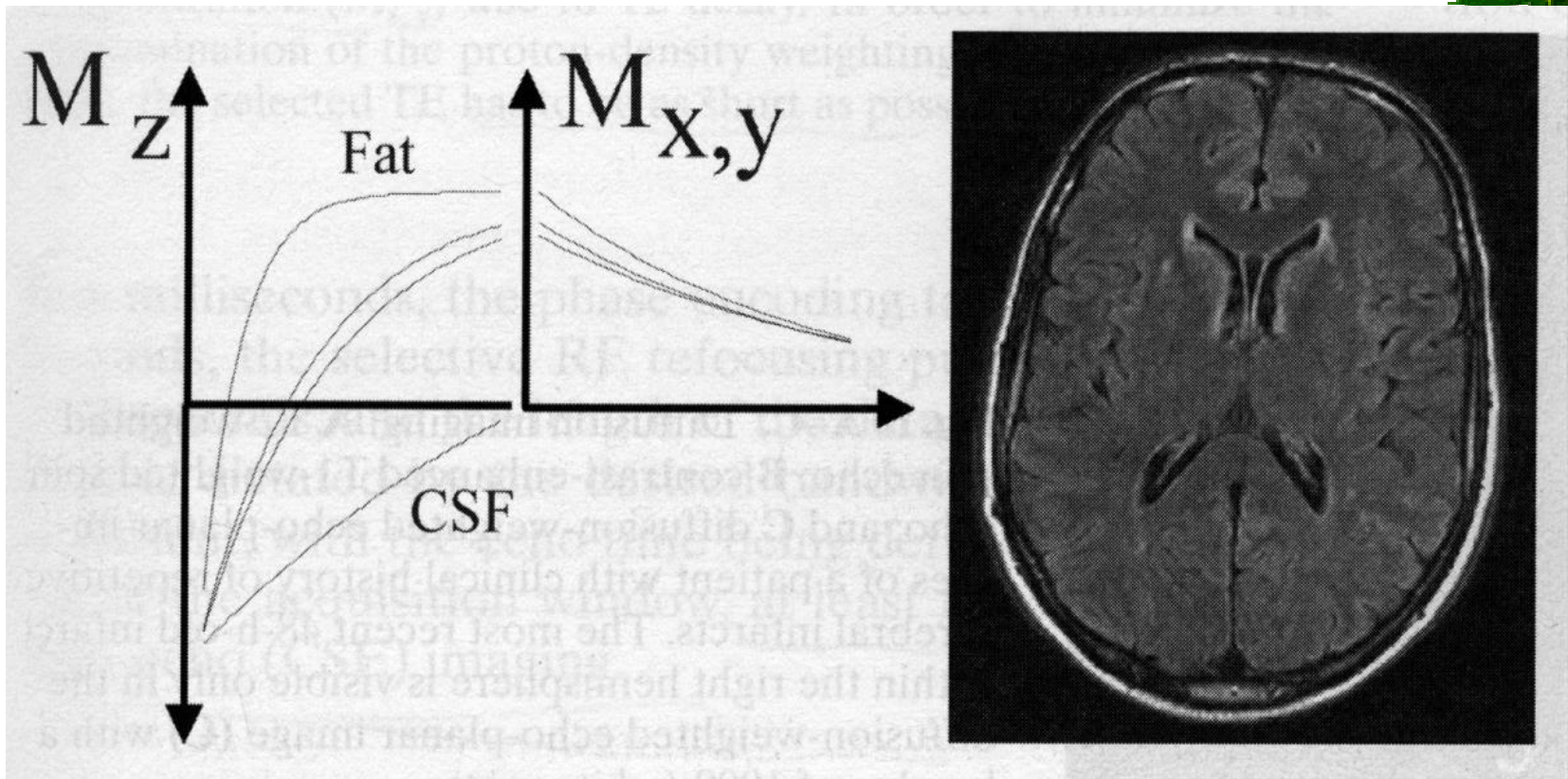


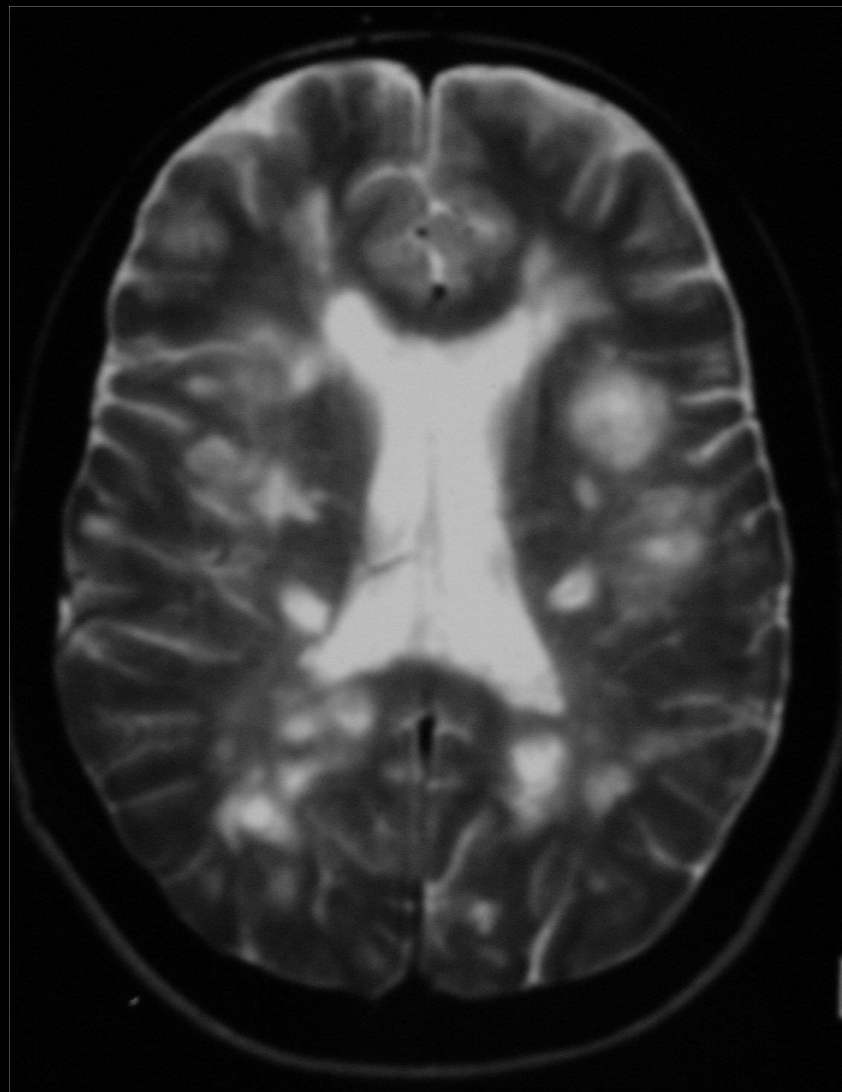
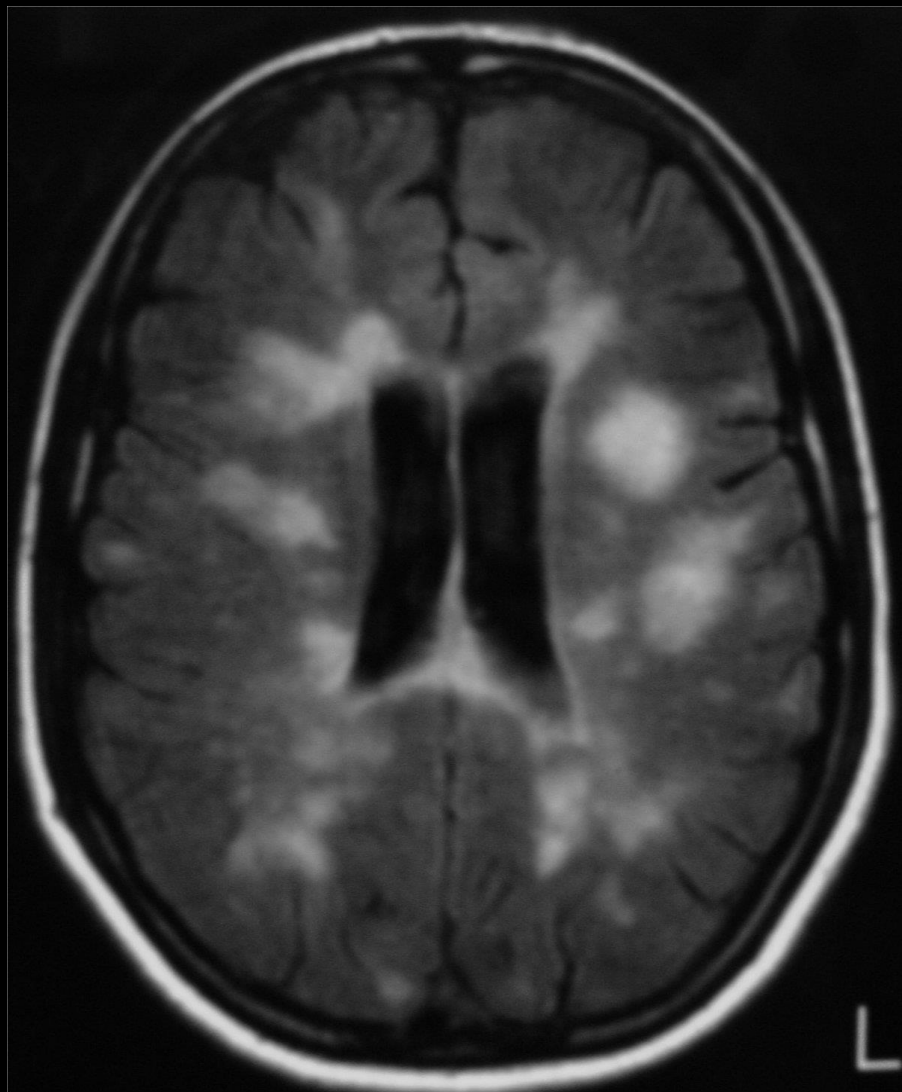


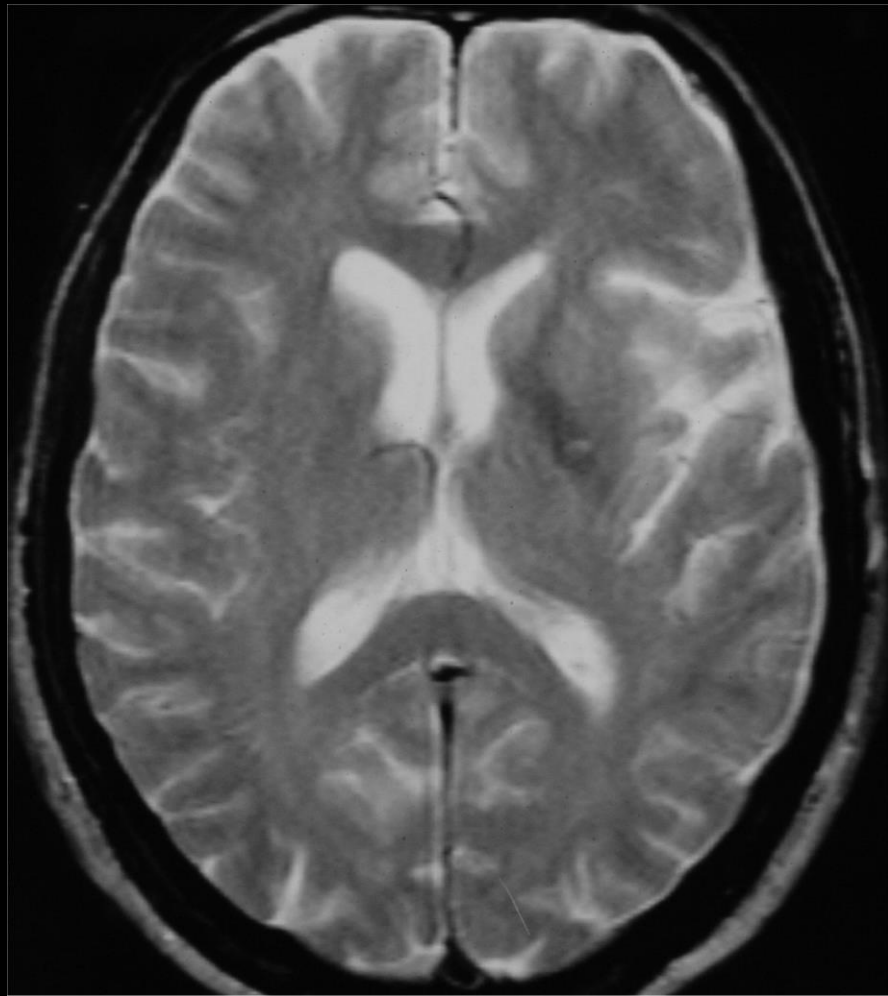


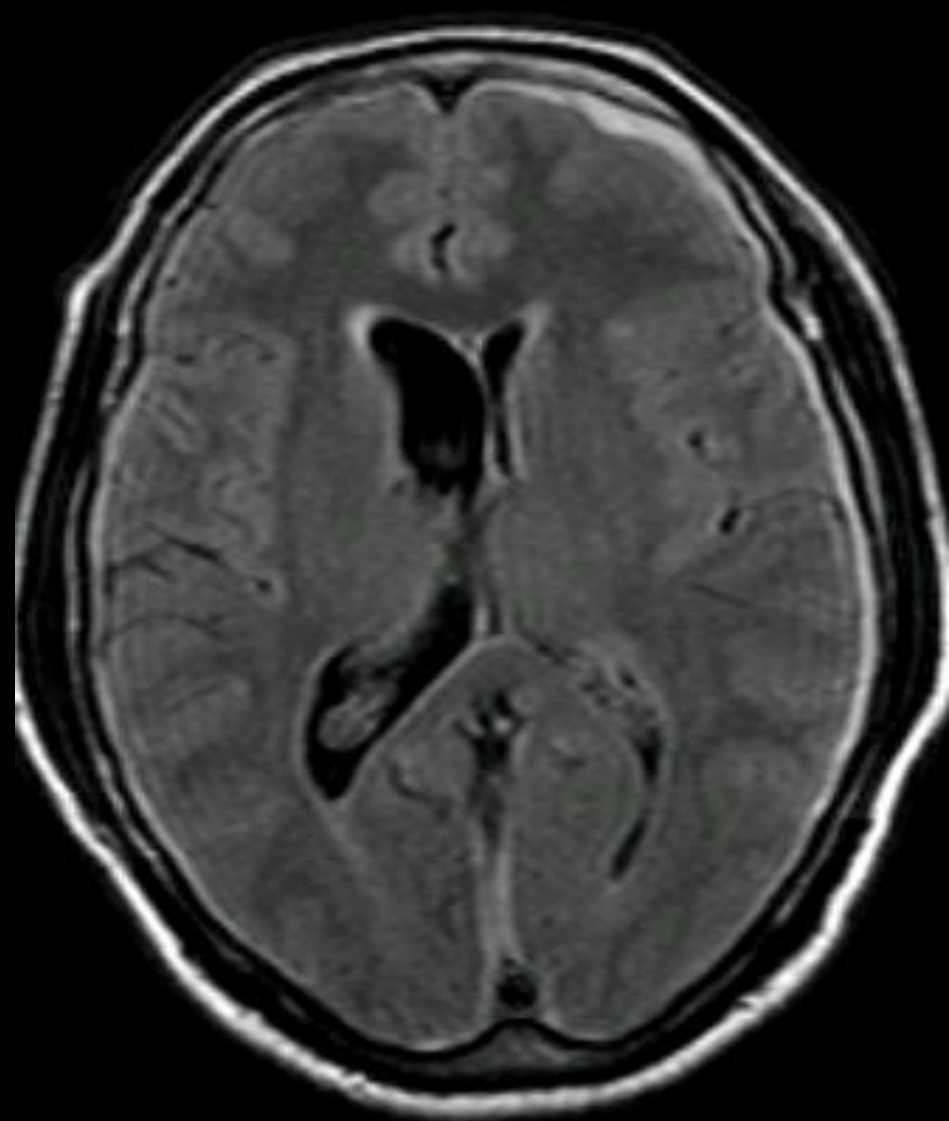


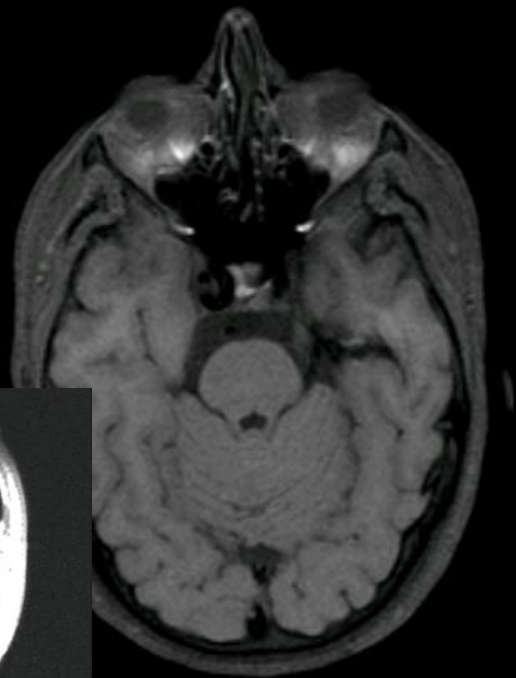
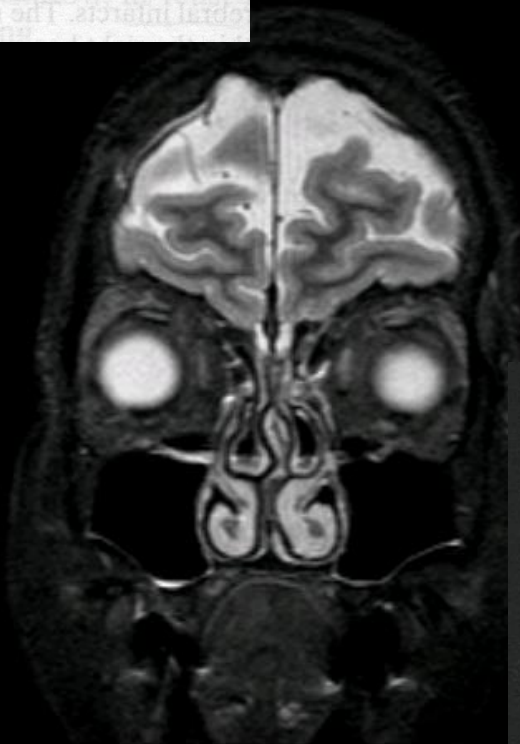
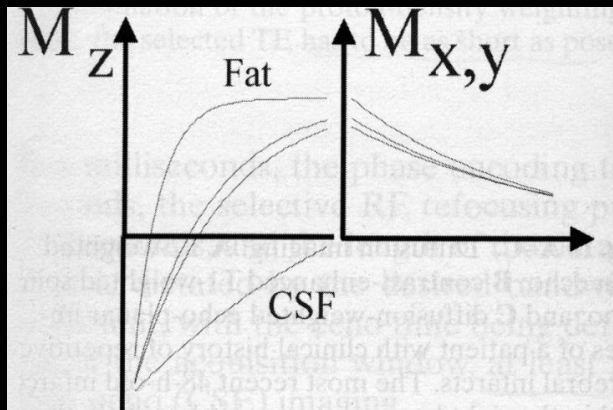
FLAIR: TR 8000ms, TI 2200ms, TE 160ms

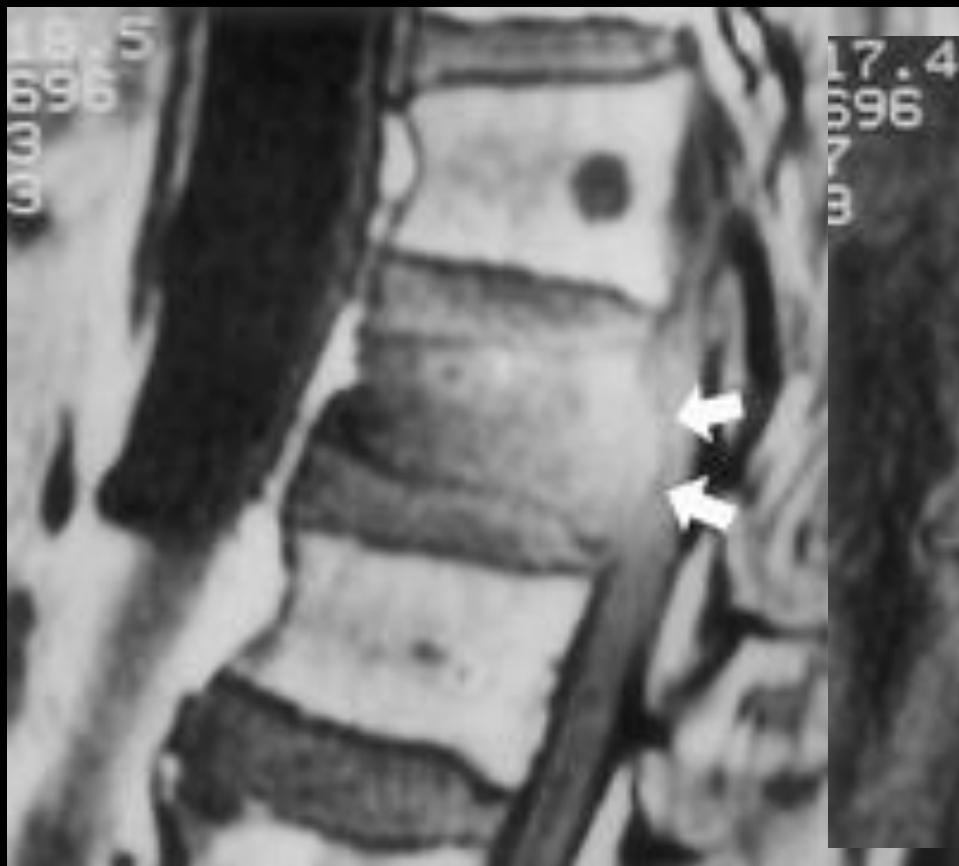






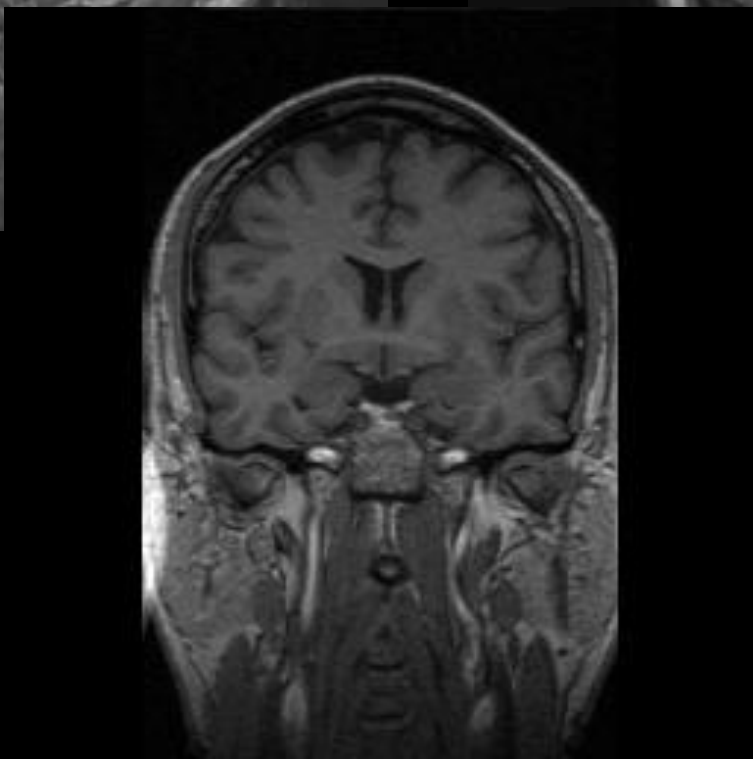
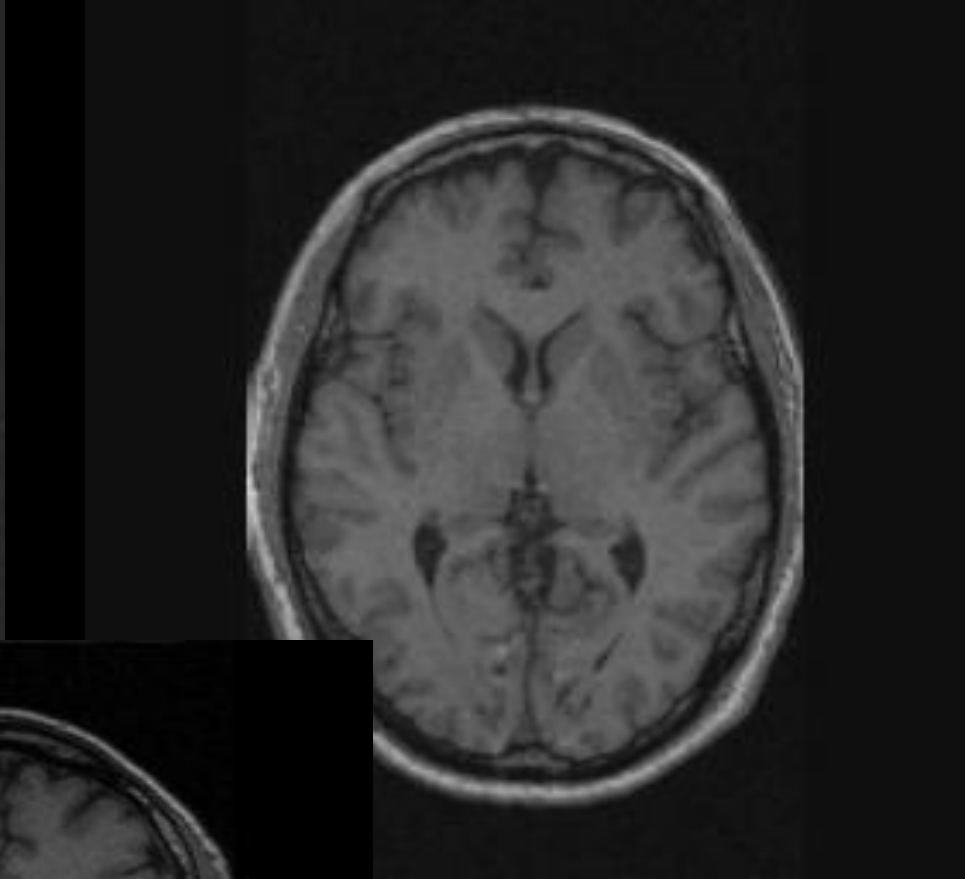
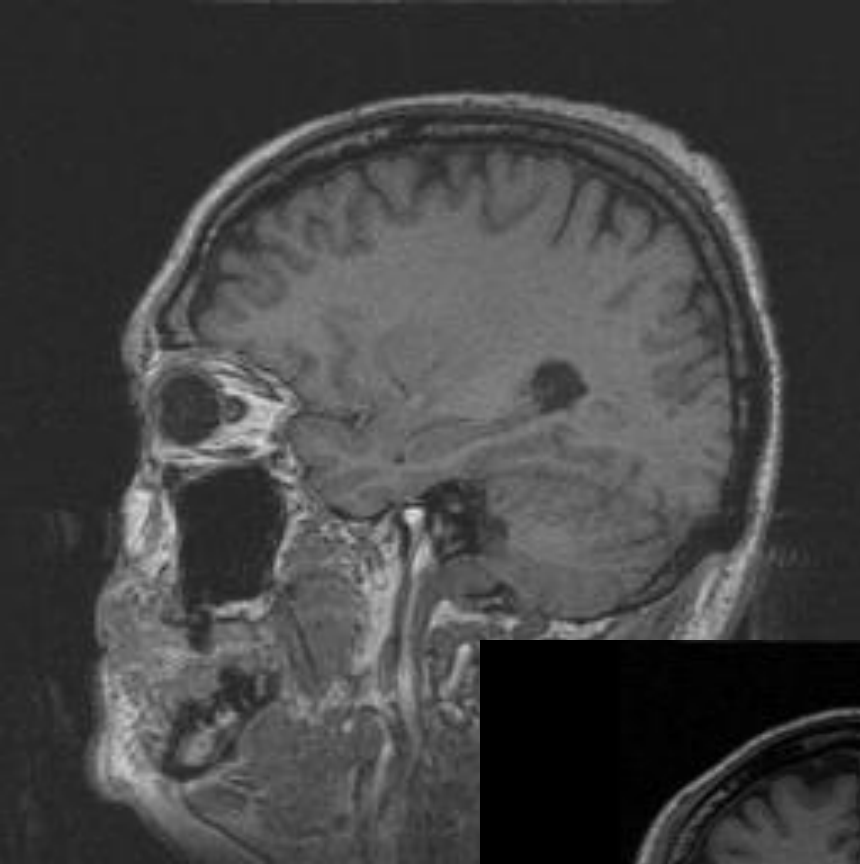






ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ ΒΑΘΜΙΔΩΤΗΣ ΗΧΟΥ (ΓΕ)

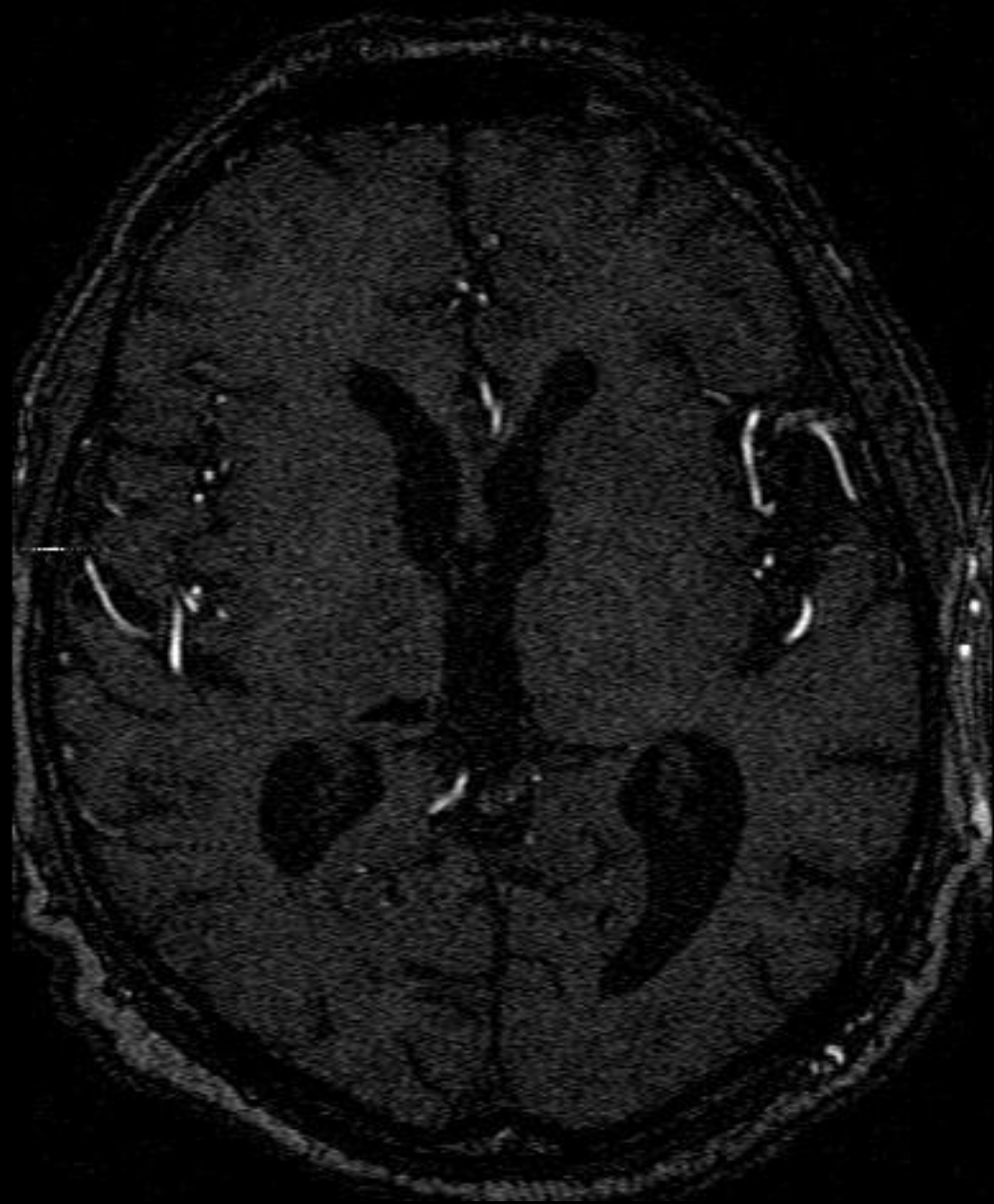


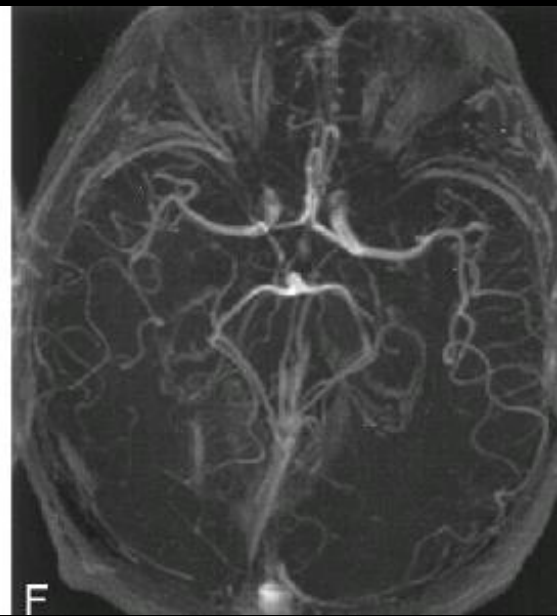
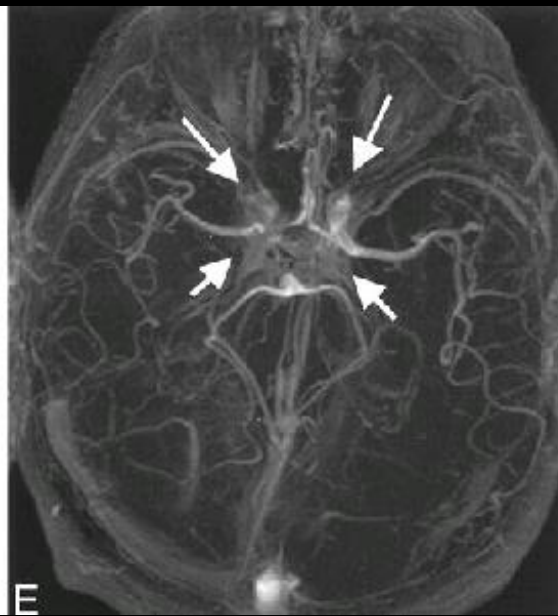


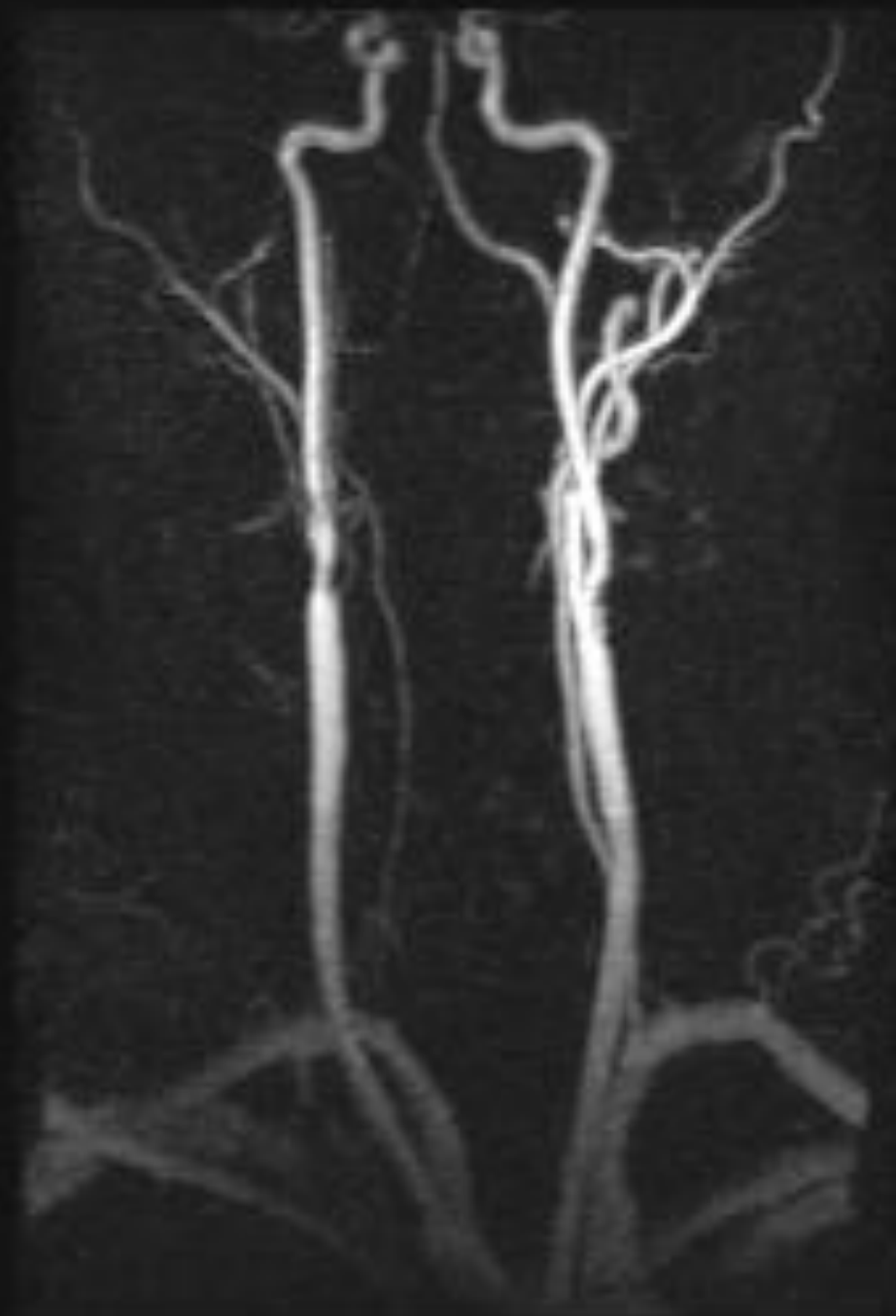
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΣΡΟΗΣ

- ✦ Οι πυρήνες αίματος διαφορετική συμπεριφορά από τους στατικούς ιστούς .
- ✦ Ακολουθίες βαθμιδωτής ηχούς (GE)
- ✦ Μικρό χρόνο επανάληψης (TR)
- ✦ Στατική ιστοί χωρίς σήμα , λόγω φαινόμενο κορεσμού
- ✦ Δεν είναι απαραίτητη η χρήση σκιαγραφικής ουσίας.







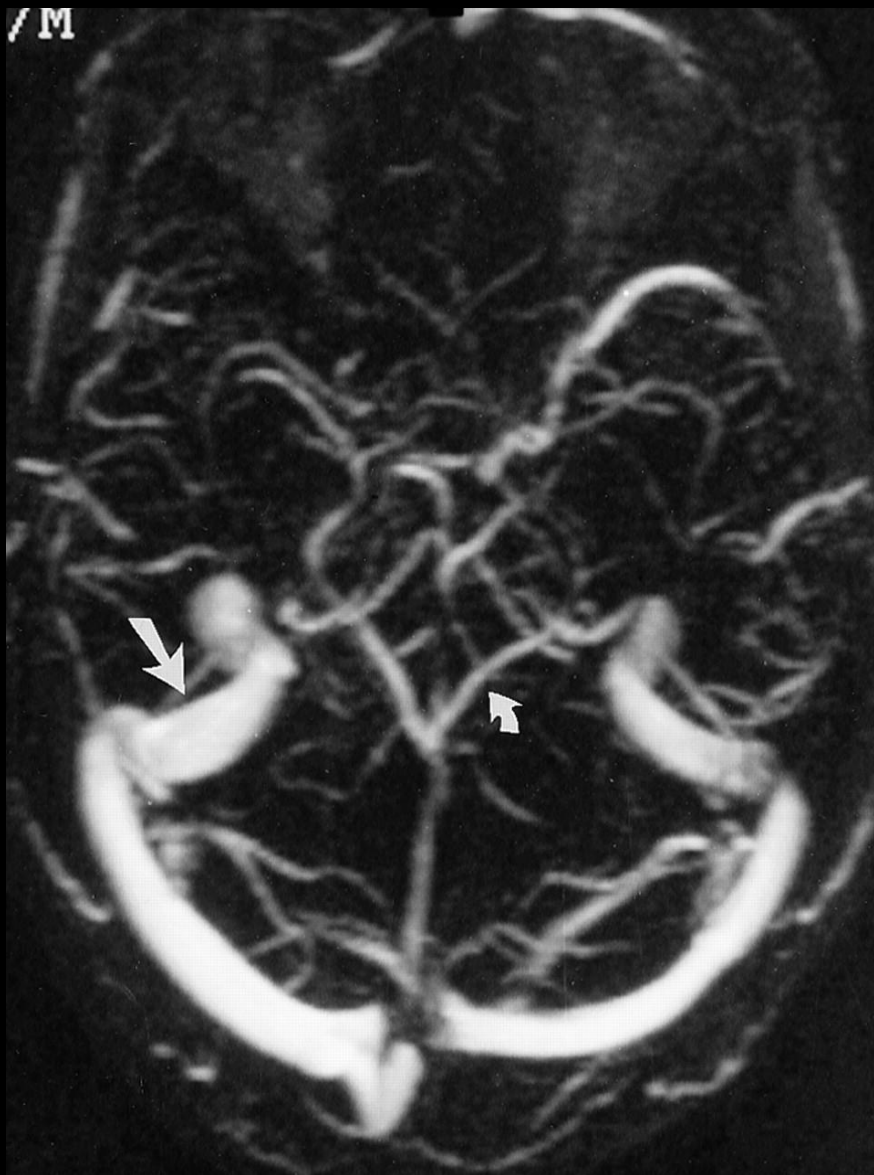


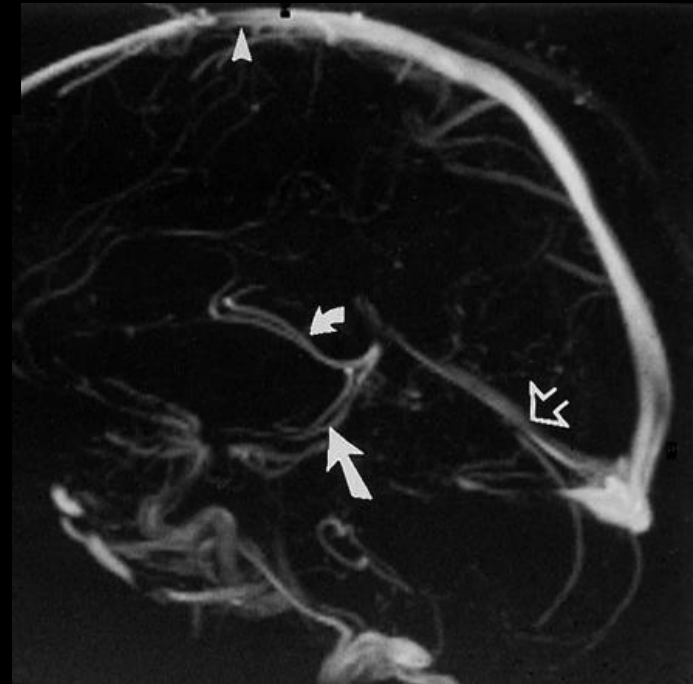
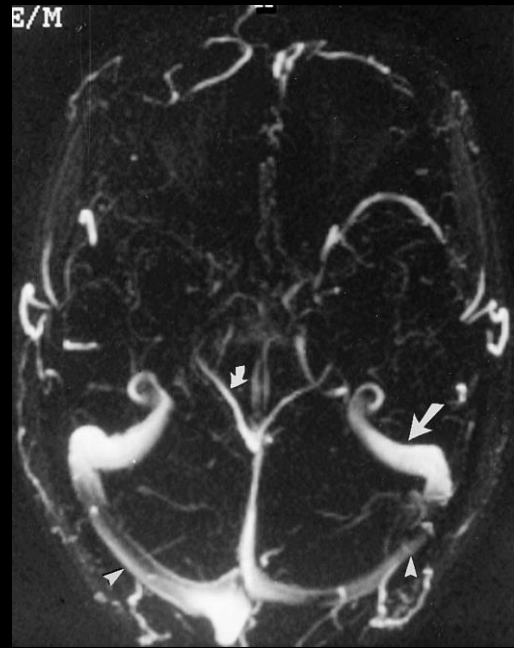
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΦΑΣΗΣ

- ✦ Κινούμενοι ιστοί παρουσιάζουν διαφορά φάσης σε σχέση με τους στατικούς ιστούς.
- ✦ Κωδικοποίηση ταχύτητας
- ✦ Τέσσερις εικόνες
- ✦ Ποσοτικοποίηση ταχύτητας παροχής ροής



/ M

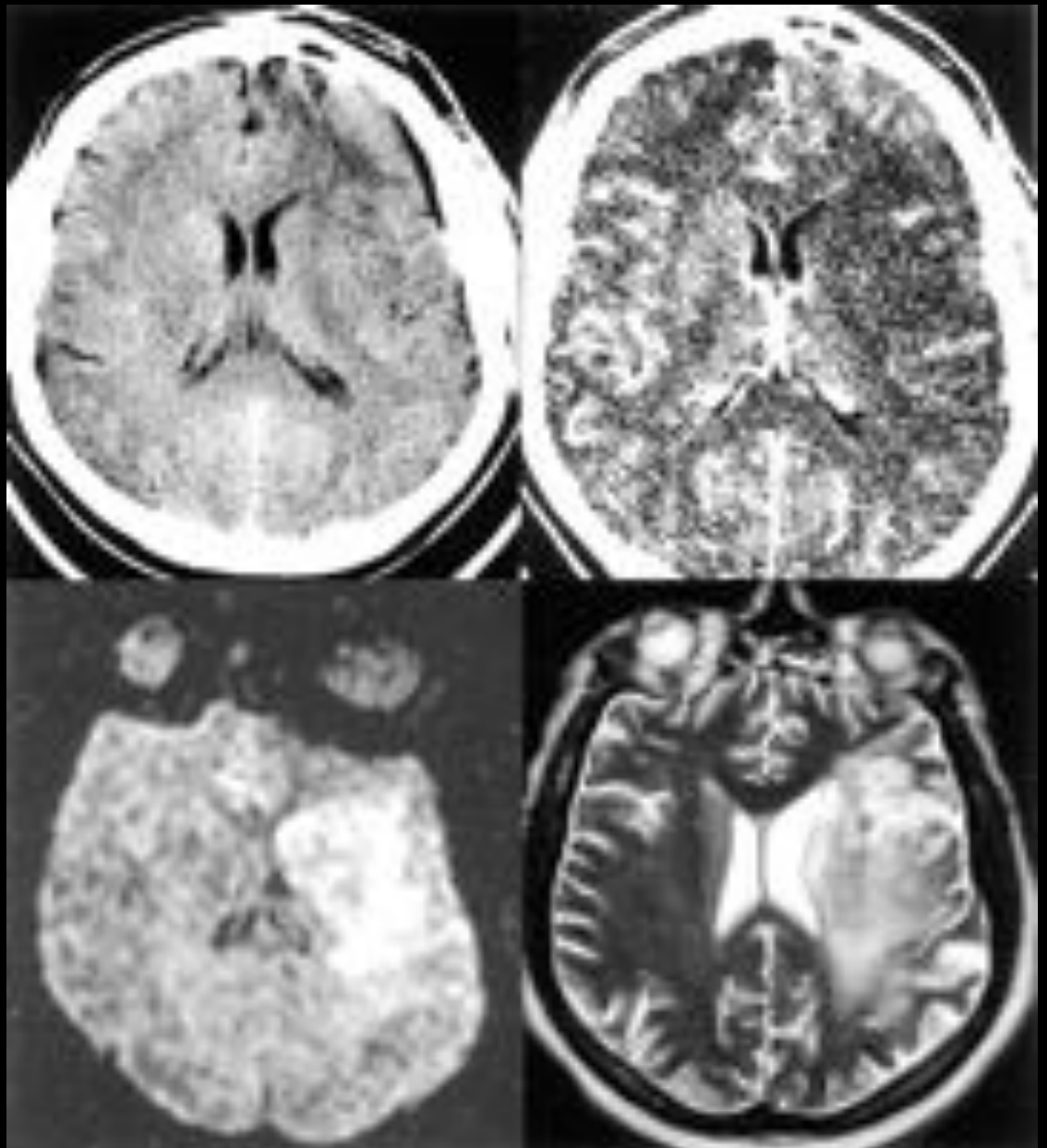
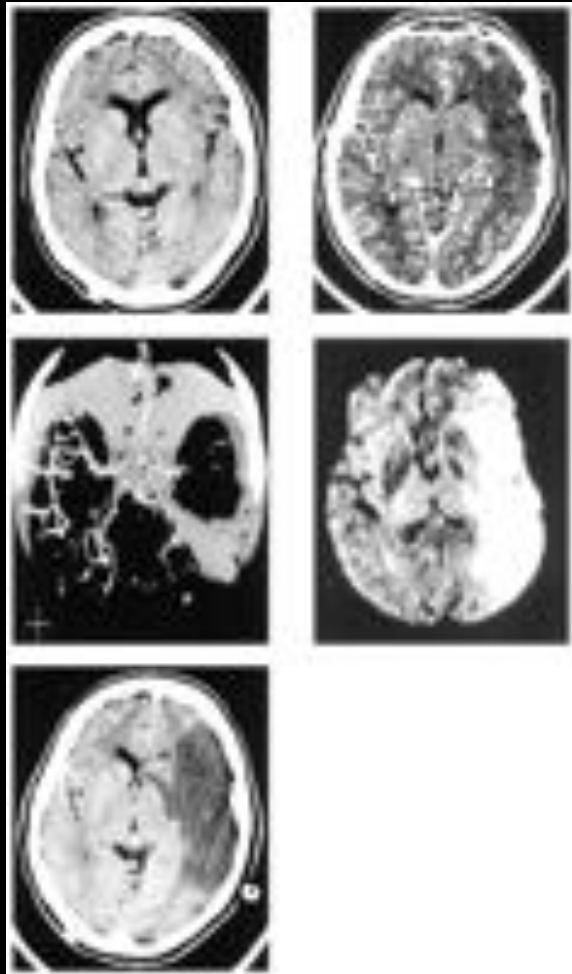


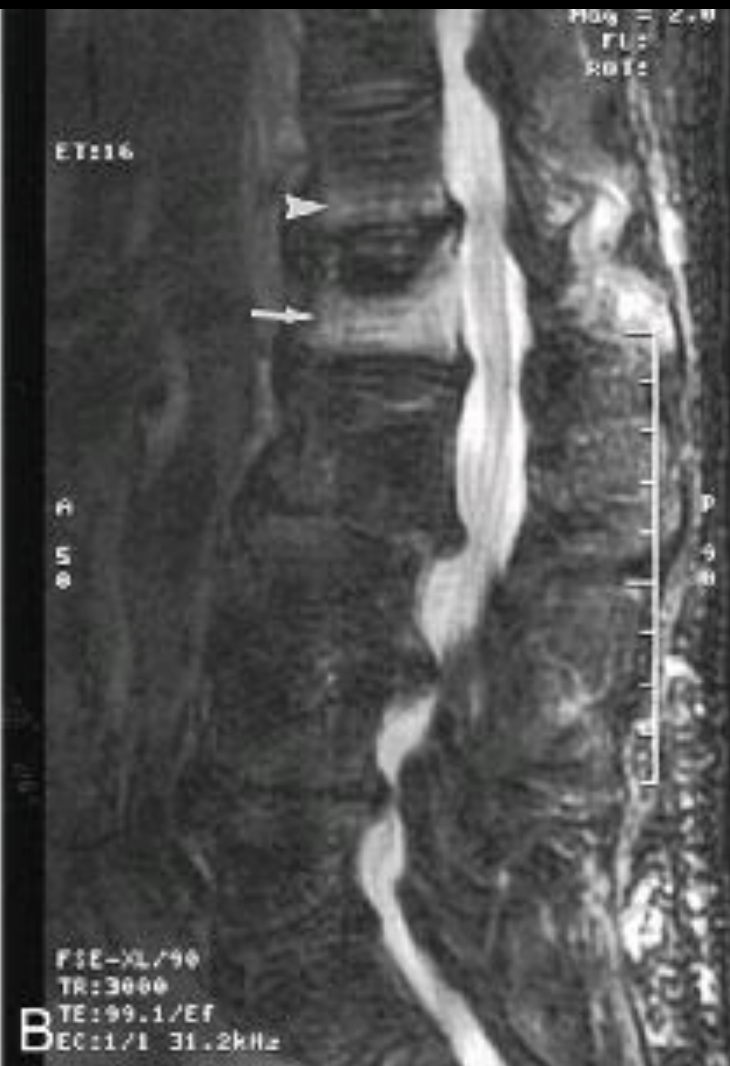


Απεικόνιση διάχυσης

- ★ Ακολουθίες παλμών EPI
- ★ Προσανατολισμού T_2 , καταμέτρηση στις τρεις διαφορετικές (X,Ψ,Z)
- ★ Εικόνες χάρτες
- ★ Στην λευκή ουσία η αυτοδιάχυση του νερού στην κατεύθυνση των οδών.
- ★ Αλλοιώσεις εγκεφαλικού παρεγχύματος



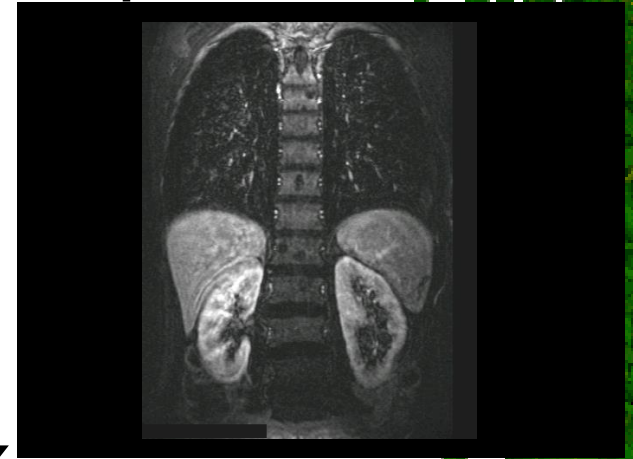


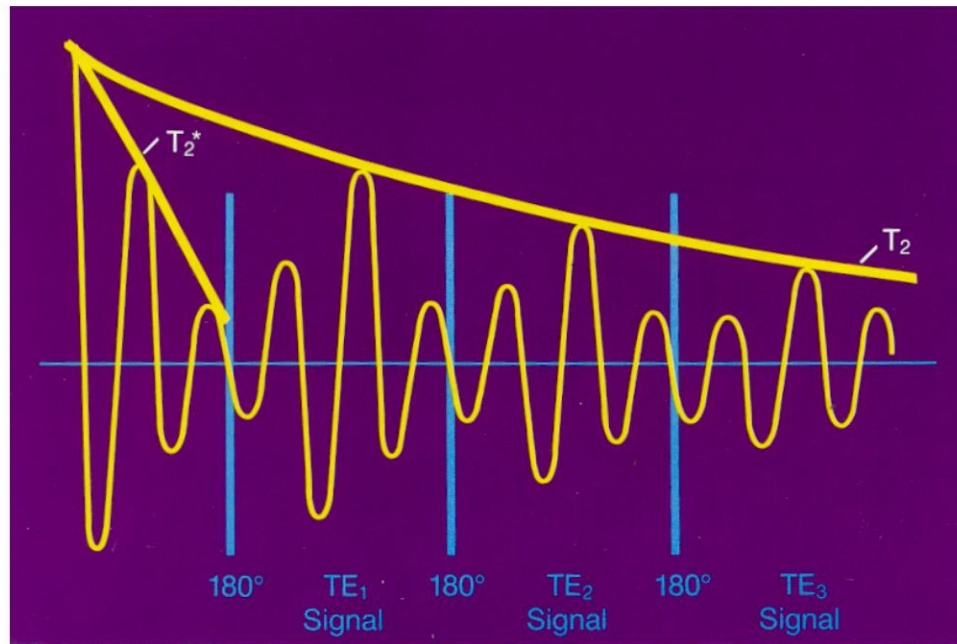


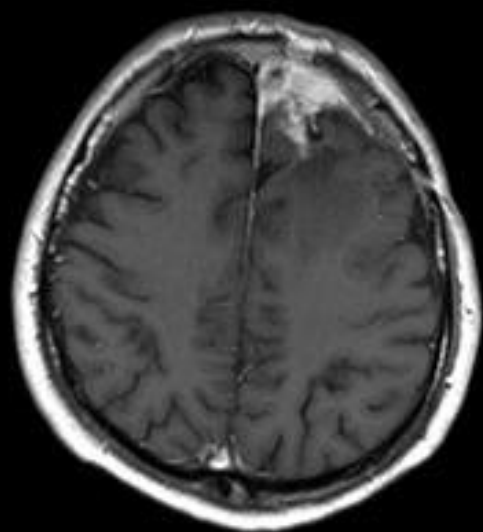
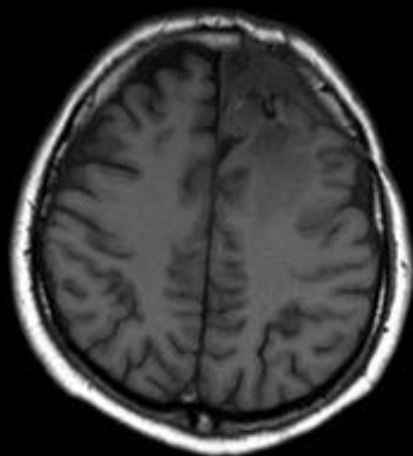
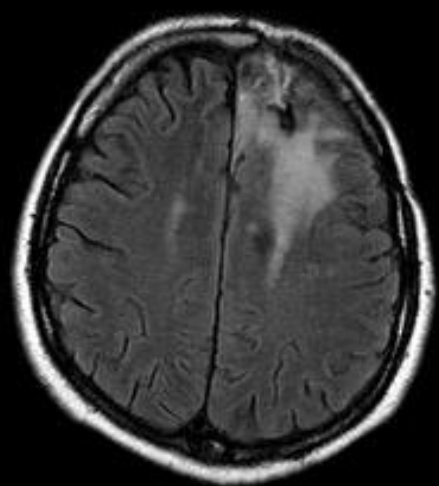


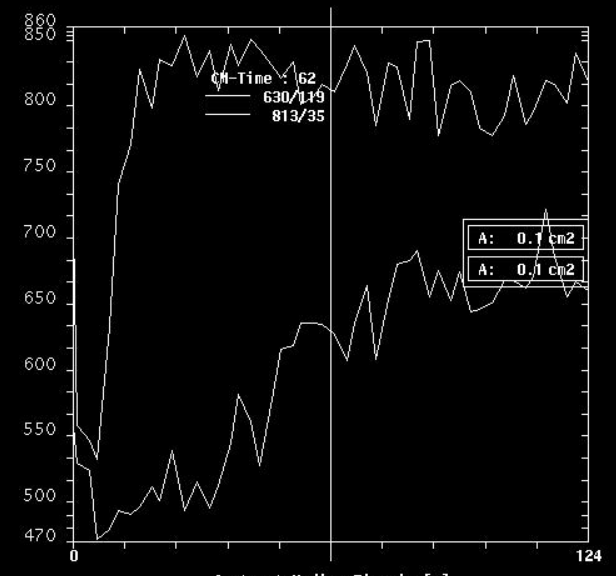
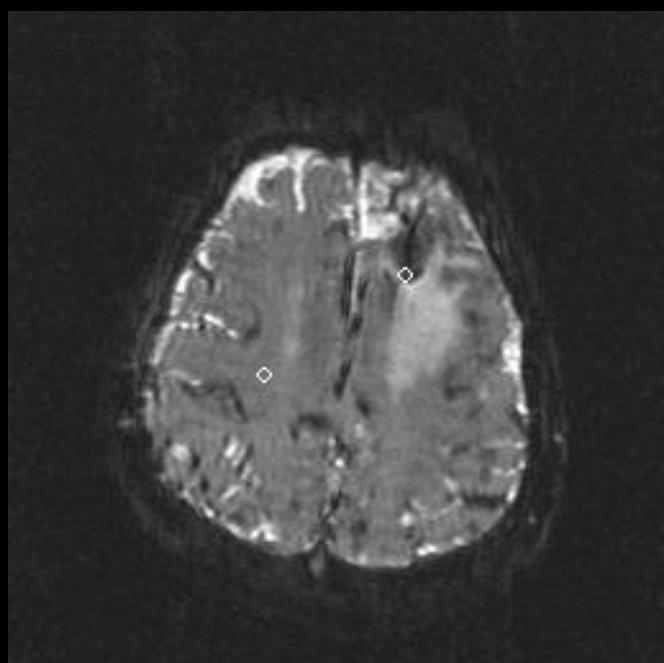
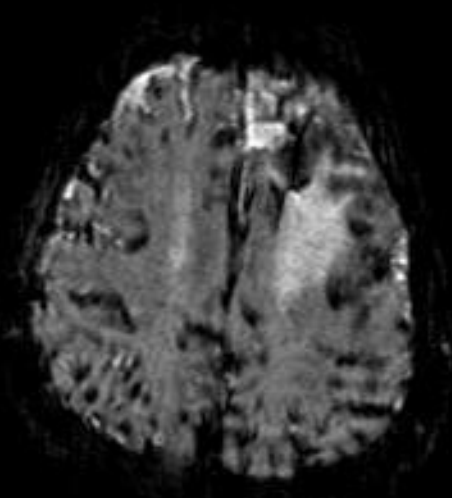
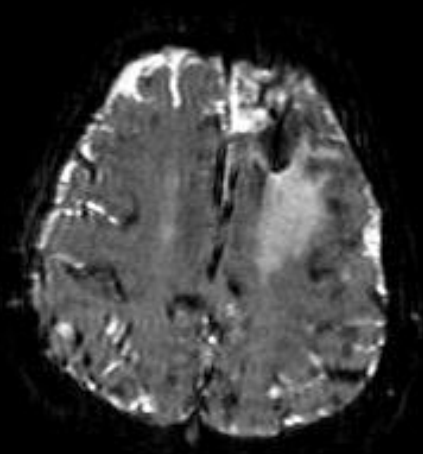
Εικόνες Αιμάτωσης (PERFUSION)

- * Εικόνες T_2^* . Περιοχές με υψηλό εμπλουτισμό, χάνουν την ένταση του σήματος, λόγω μαγνητικής επιδεκτικότητας.
- * Αγγειοβρίθεια όγκων.
- * Υποτροπή ή ουλώδης ιστός
- * Το ποσοστό της αιμάτωσης μέσα στον ιστό (CPV)
- * Ο χρόνος για να φτάσει το σκιαγραφικό (TTP)

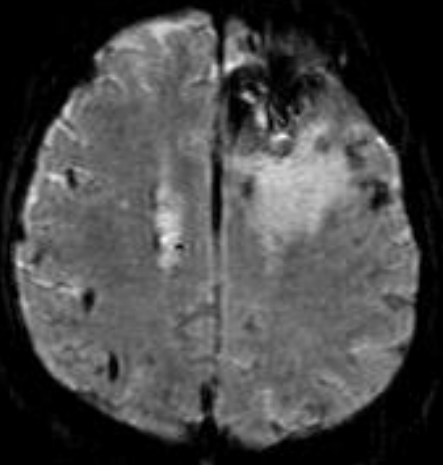
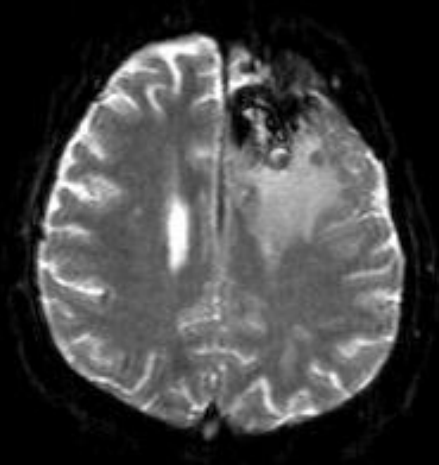
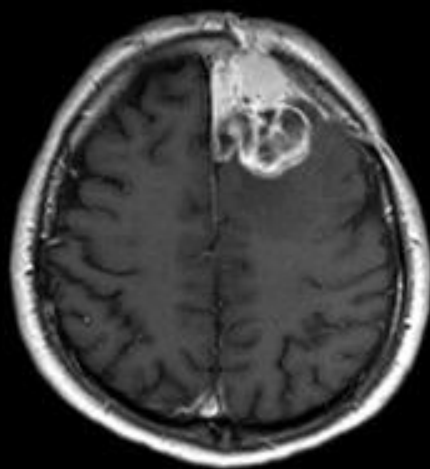
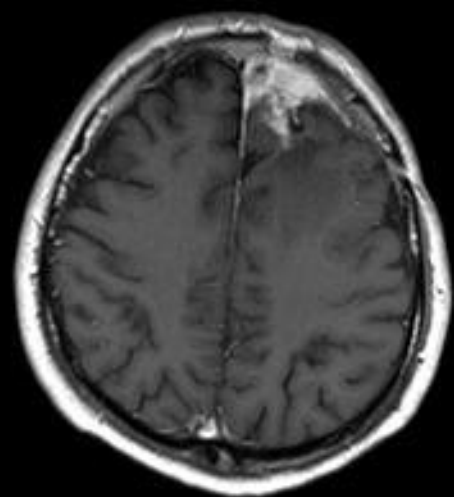




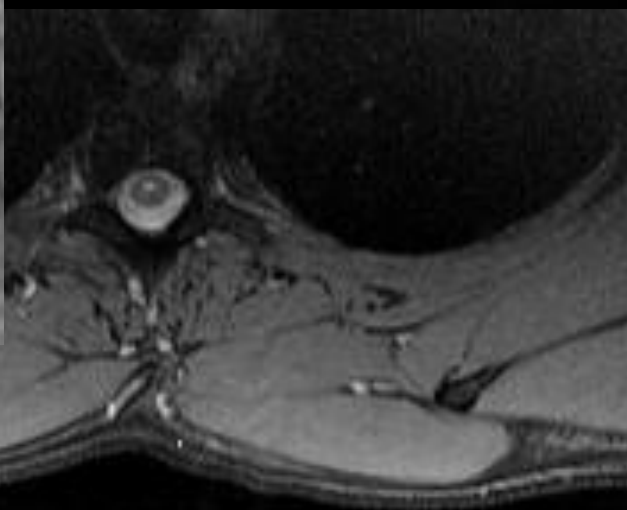
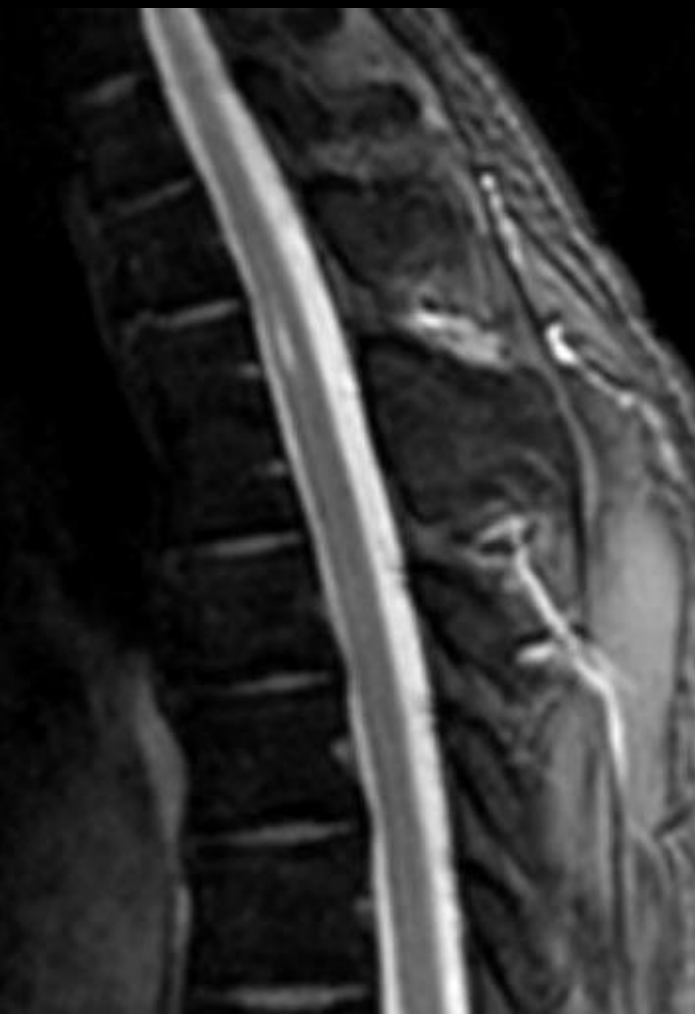


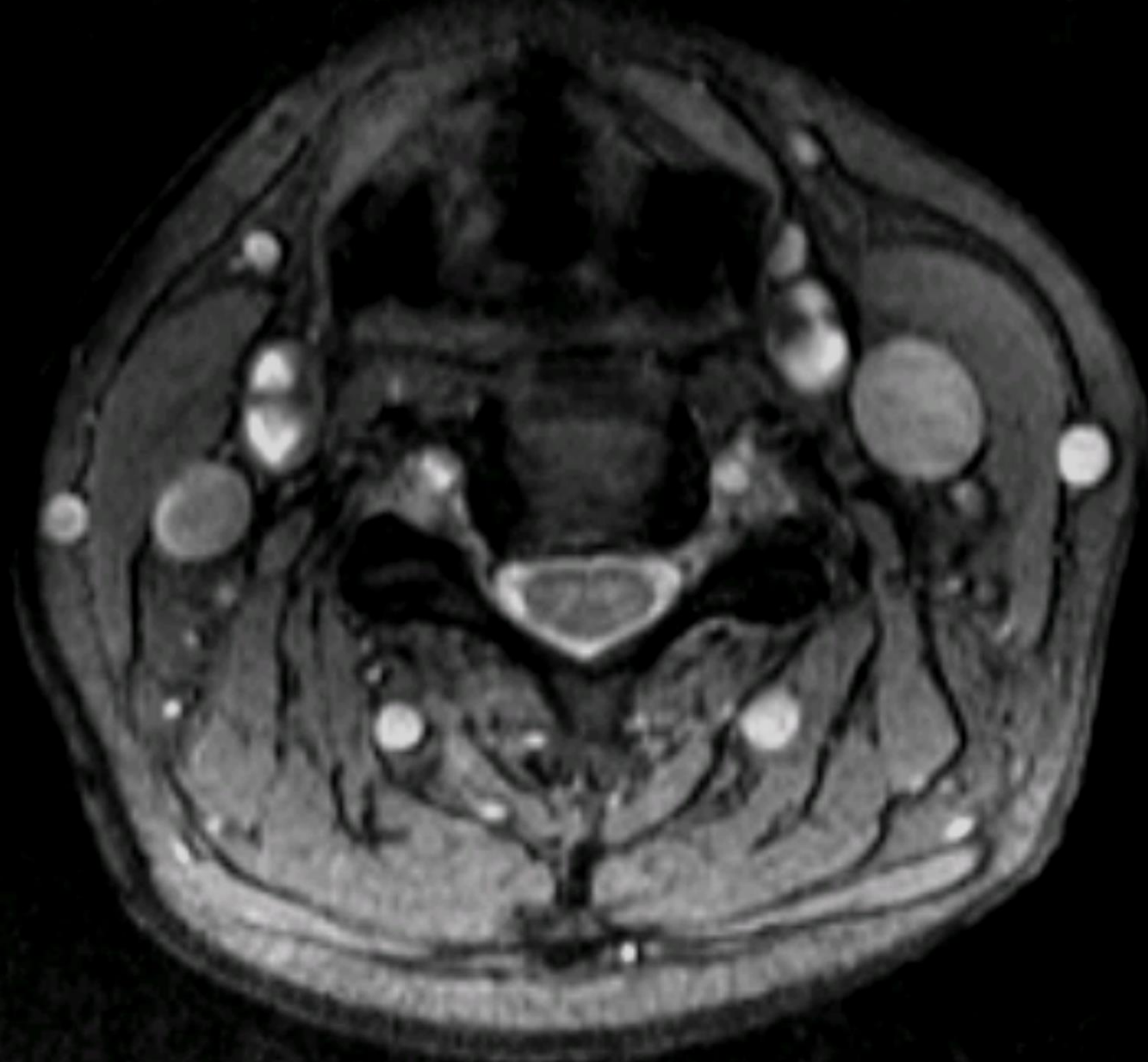


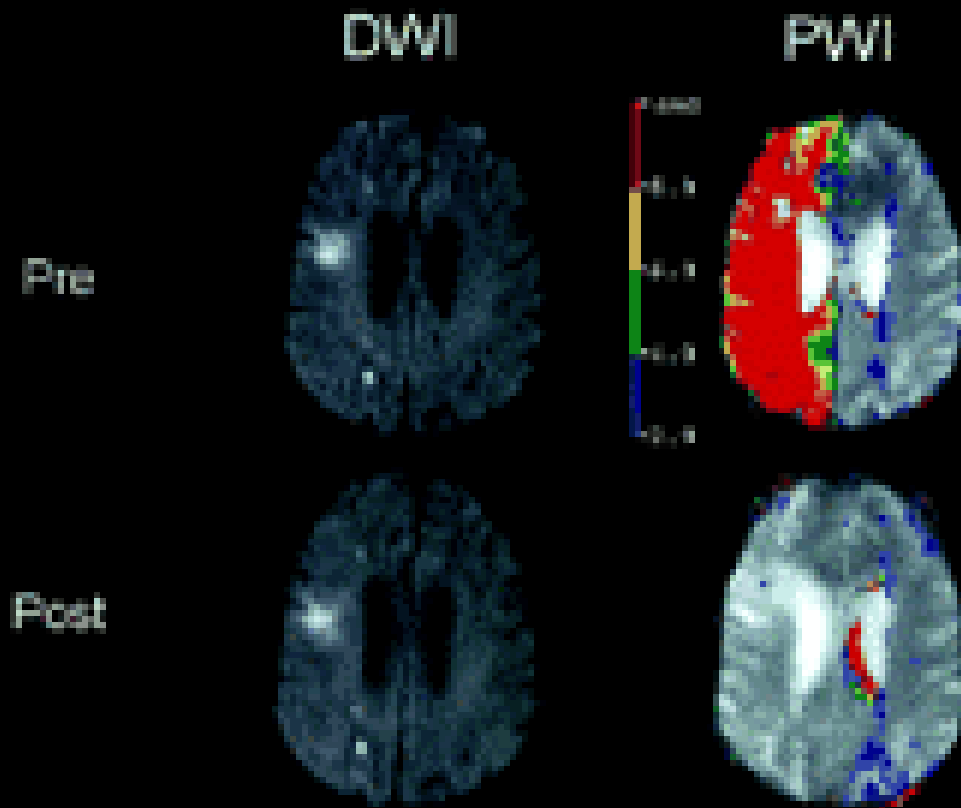
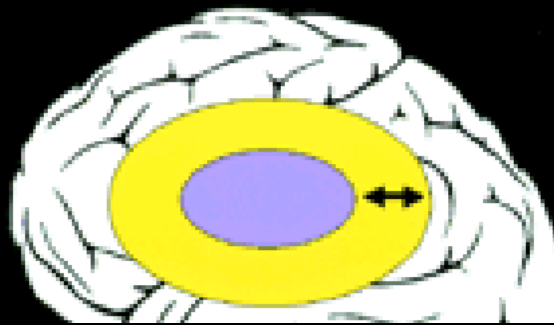
Contrast Medium Time in [s]
Patient Name: GATZARAS THEODOROS ID: 544

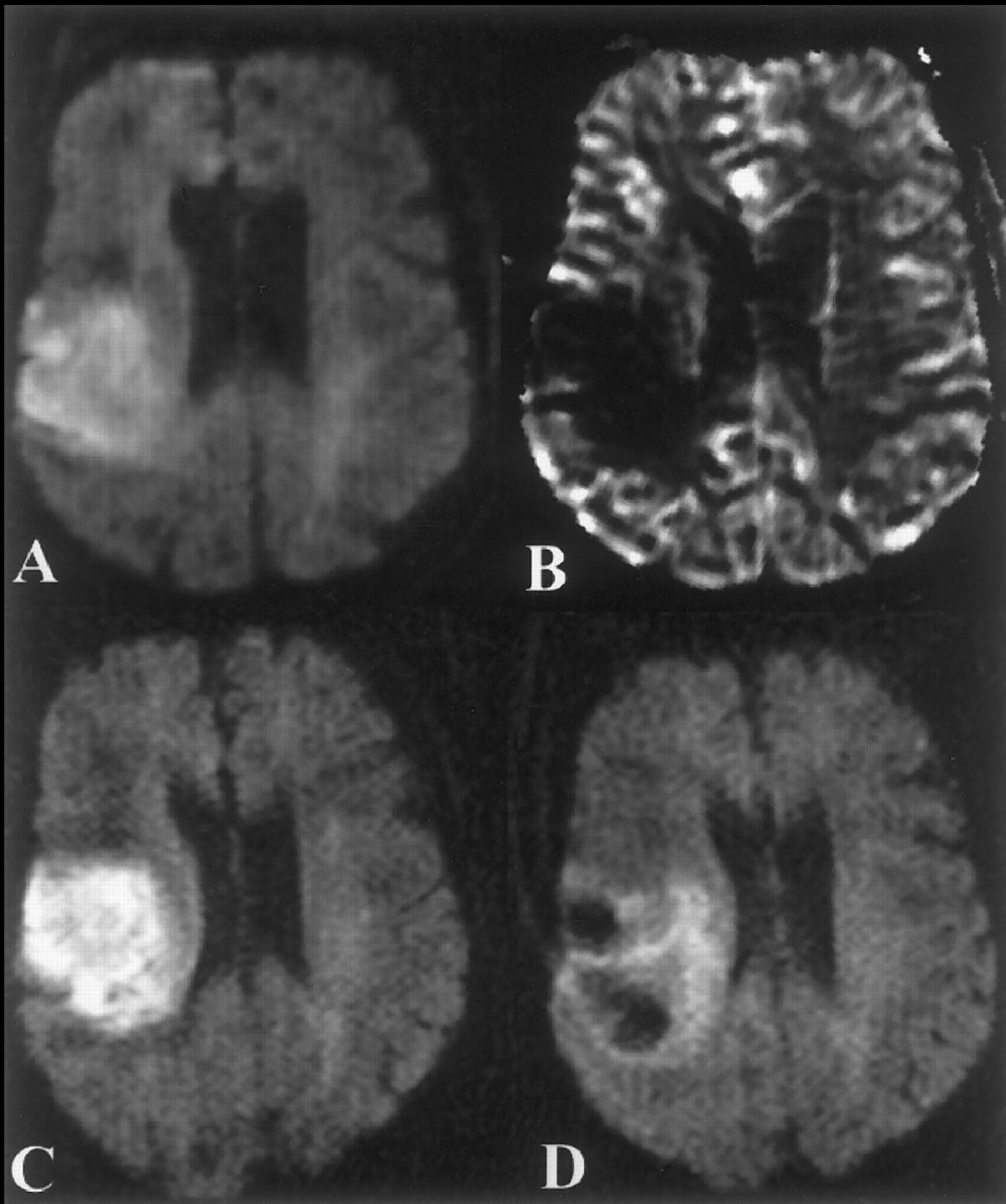


T2*





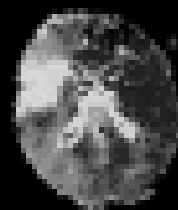
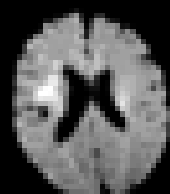




DWI (acute)

PWI (acute)

T2WI (chr)

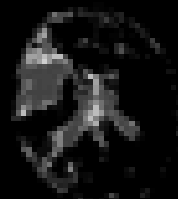
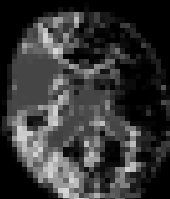


PWI: TTP-delay in comparison to
reference region[†]

≥ 0 s

≥ 2 s

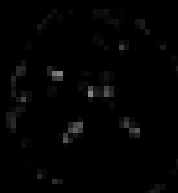
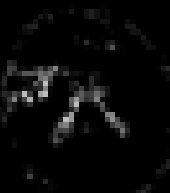
≥ 4 s



≥ 6 s

≥ 8 s

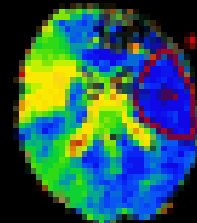
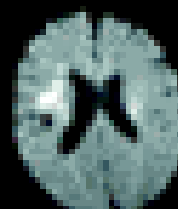
≥ 10 s



DWI (acute)

PWI (acute)

T2WI (chr)

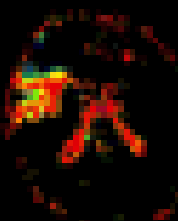
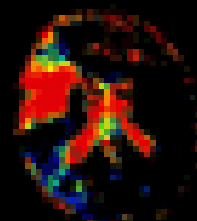
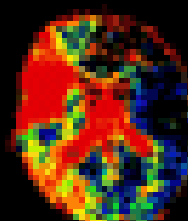


PWI: TTP-delay in comparison to
reference region[†]

≥ 0 s

≥ 2 s

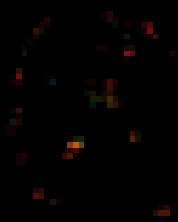
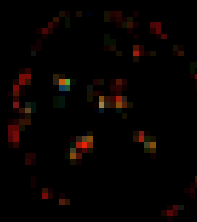
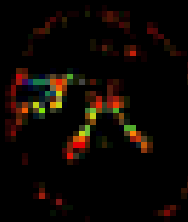
≥ 4 s



≥ 6 s

≥ 8 s

≥ 10 s



ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (FUNCTIONAL)

- ✦ Κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησης παρατηρείται μία αυξημένη κυκλοφορία στις φλέβες.
- ✦ Αίμα, πλούσιο σε οξυγόνο.
- ✦ Τα κύτταρα των νεύρων μεταβαίνουν σε αναερόβιες διαδικασίες ,δηλ δεν χρησιμοποιούν αρτηριακό αίμα.



- ★ Αύξηση συγκέντρωσης οξυγόνου στο φλεβικό αίμα και εντοπισμένη αύξηση κυκλοφορίας
- ★ Πρέπει να λαμβάνεται σήμα από αίμα στα μικρά αγγεία , τα οποία απομακρύνουν το αίμα (φλεβίδια και τριχοειδή).
- ★ Λίγο οξυγόνο μεγάλη περιεκτικότητα σε δεοξυαιμοσφαιρίνη
- ★ Πολύ οξυγόνο μεγάλη περιεκτικότητα σε οξυαιμοσφαιρίνη .
- ★ **Άρα , υψηλό T_2 και T_2^* .**





T1-weighted image / εικόνα T1 προσανατολισμού

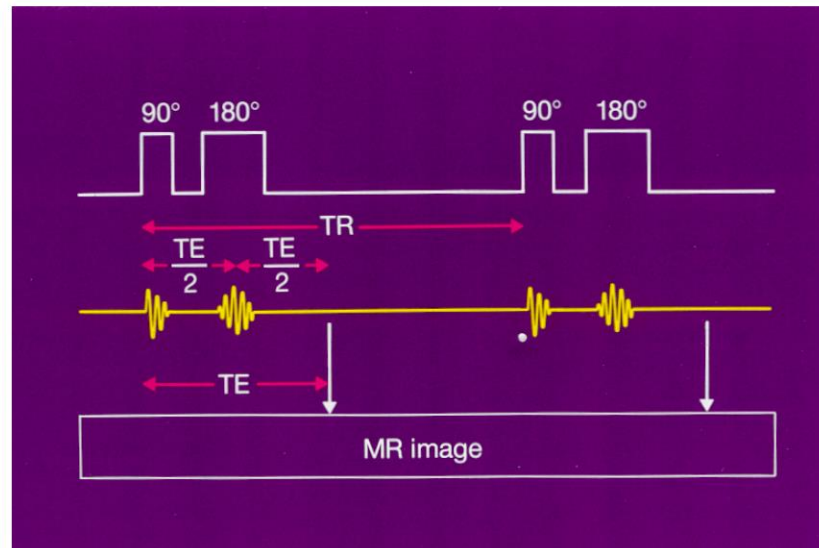


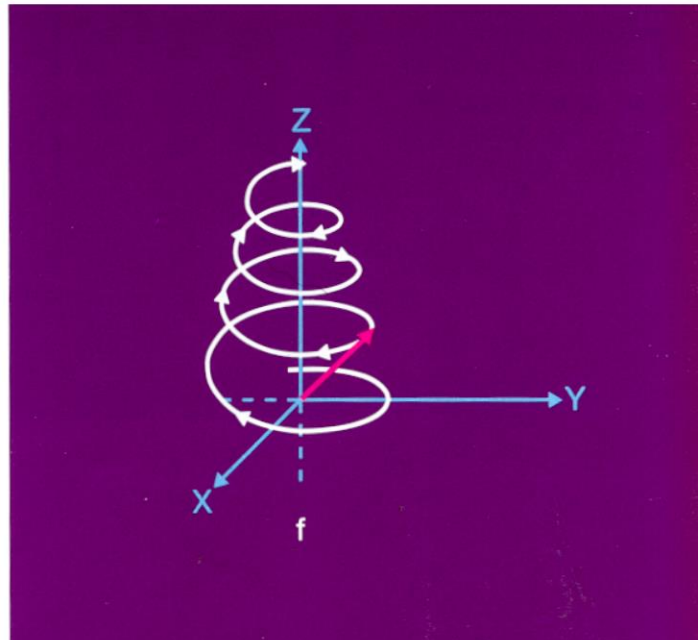
- ⌘ Εικόνα της οποίας η αντίθεση καθορίζεται κυρίως από φαινόμενα χαλάρωσης T1, ωστόσο φαινόμενα T2, η πυκνότητα πρωτονίων και φαινόμενα ροής επίσης συμβάλουν σε μικρό βαθμό στην αντίθεση της εικόνας
- ⌘ η διαφορά στο contrast οφείλεται κυρίως στο διαφορετικό χρόνο T1 των δύο ιστών

T1

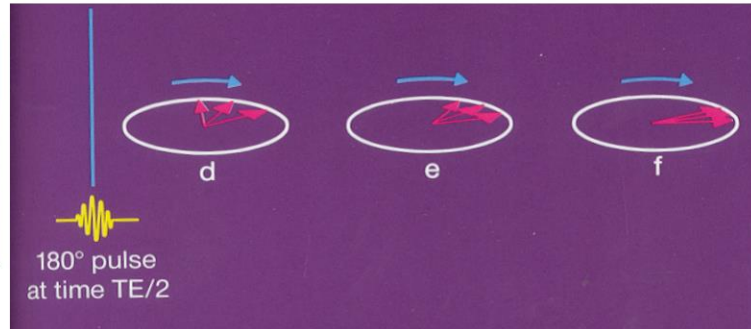
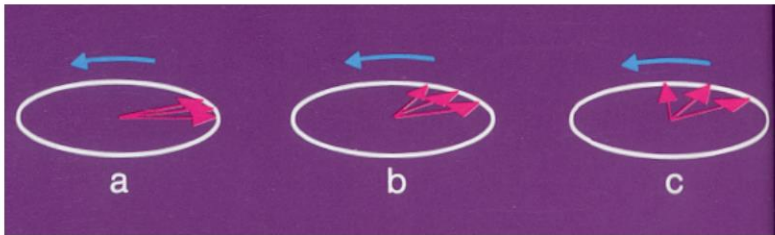


- ⌘ Όταν το lattice αποτελείται από **μεσαίου μεγέθους** μόρια που κινούνται και διαθέτουν μαγνητικά πεδία κοντά στη συχνότητα Larmor τότε τα πρωτόνια μεταβιβάζουν την ενέργειά τους πολύ **πιο γρήγορα** και έτσι το T1 είναι **μικρό**



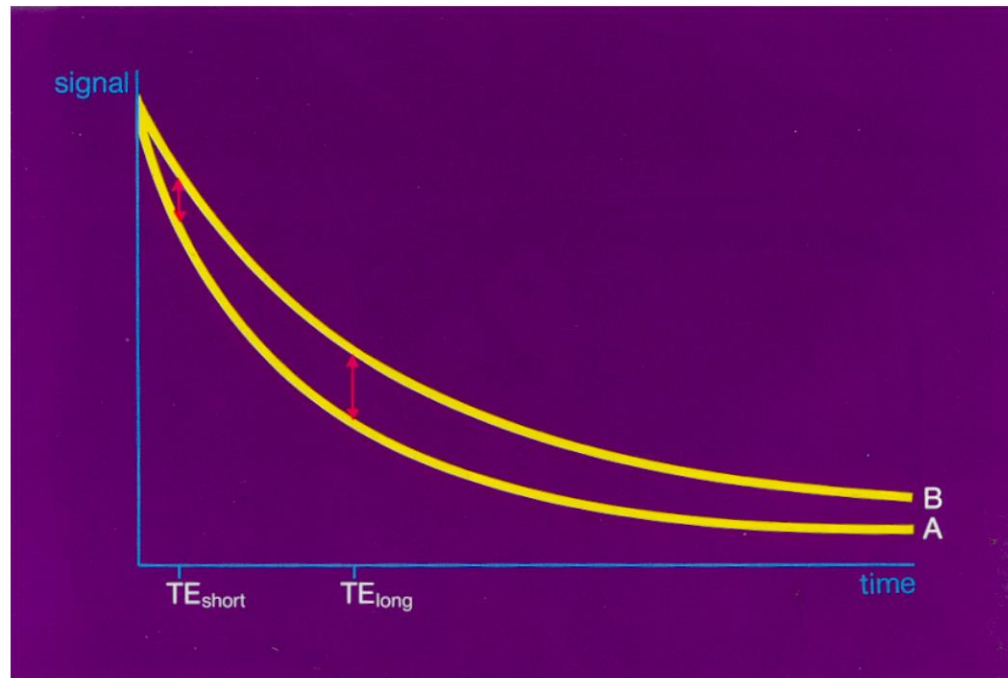


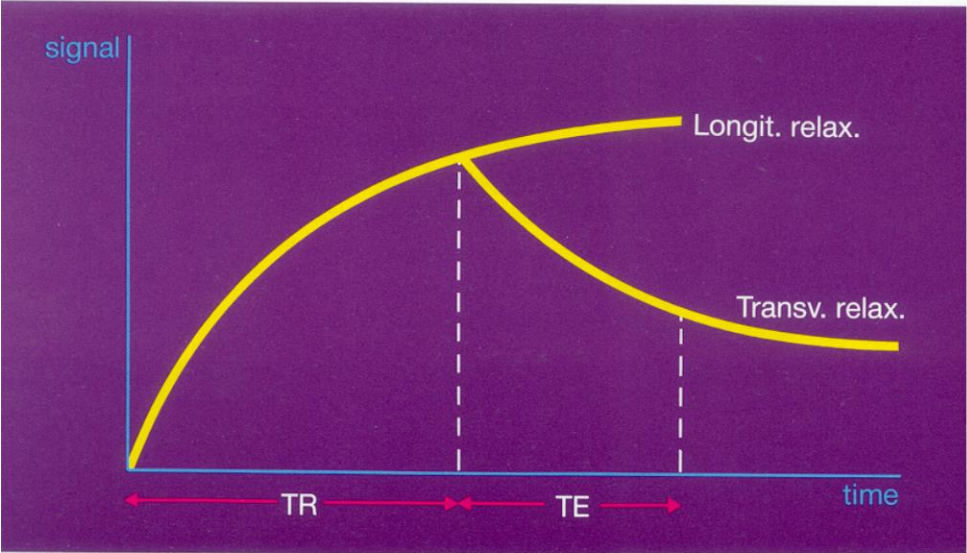
- ⌘ Το όλο σύστημα εκτελεί μεταπτωτική κίνηση που αφορά και το συνολικό άνυσμα, το οποίο εκτελεί μια σπειροειδή κίνηση

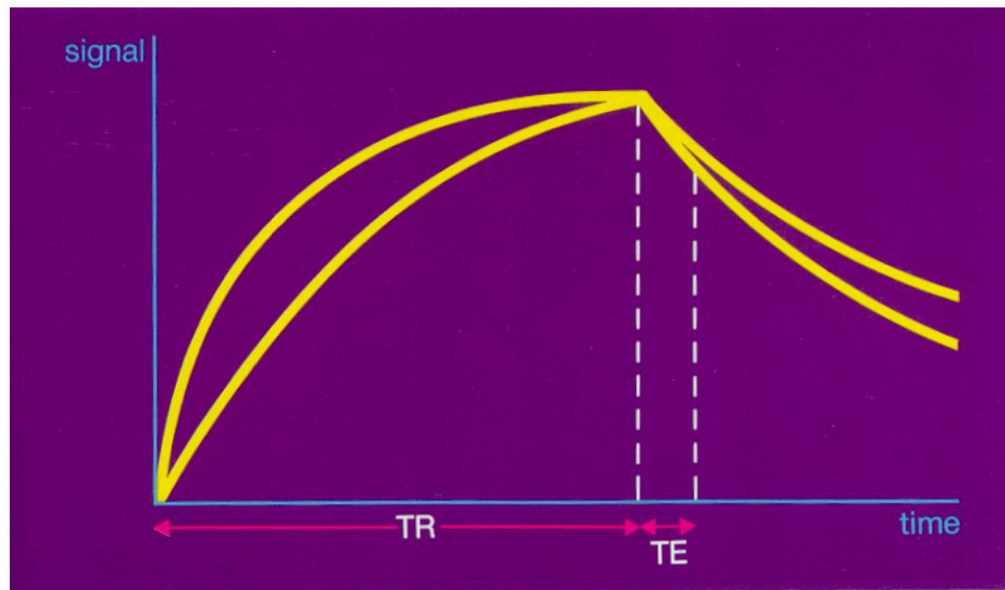


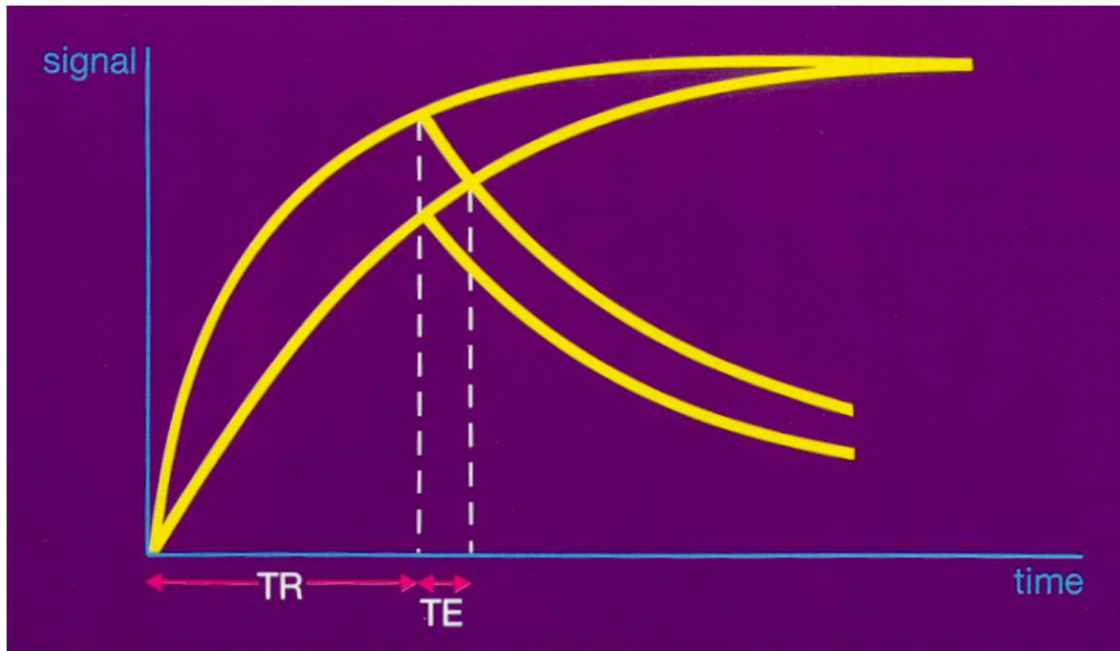
Proton density / εικόνες πυκνότητας πρωτονίων

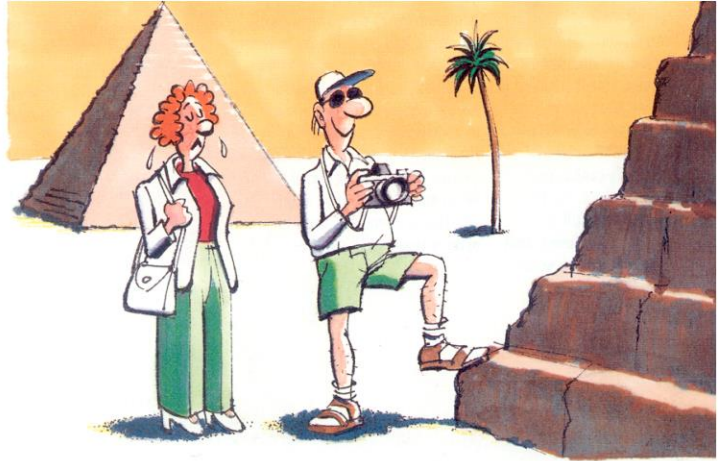
- ⌘ Ο αριθμός των ατόμων του υδρογόνου που περιέχονται στη μονάδα του χρόνου
- ⌘ όπου υπάρχουν πολλά πρωτόνια υπάρχει και αφθονία σημάτων

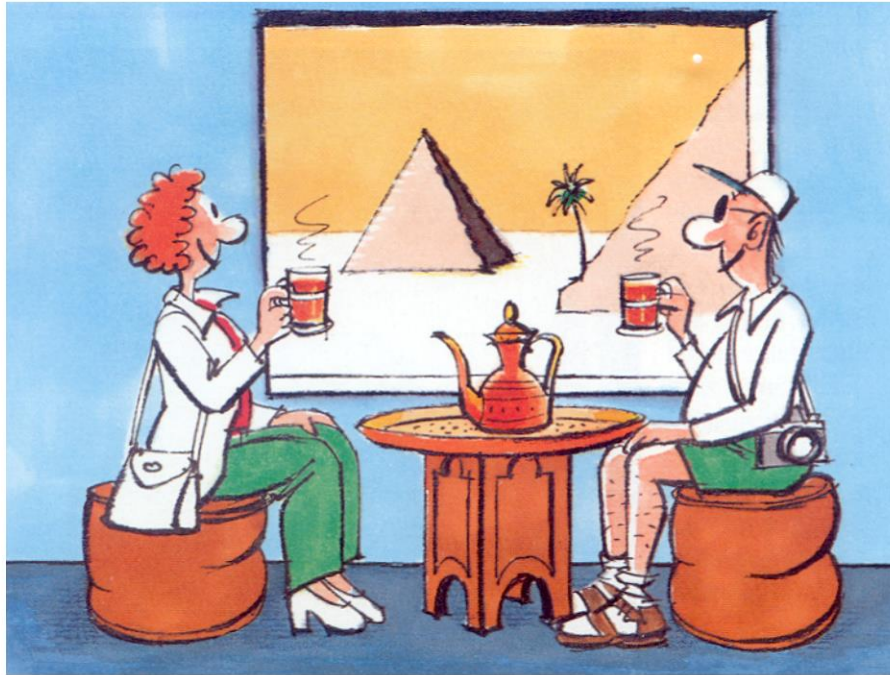


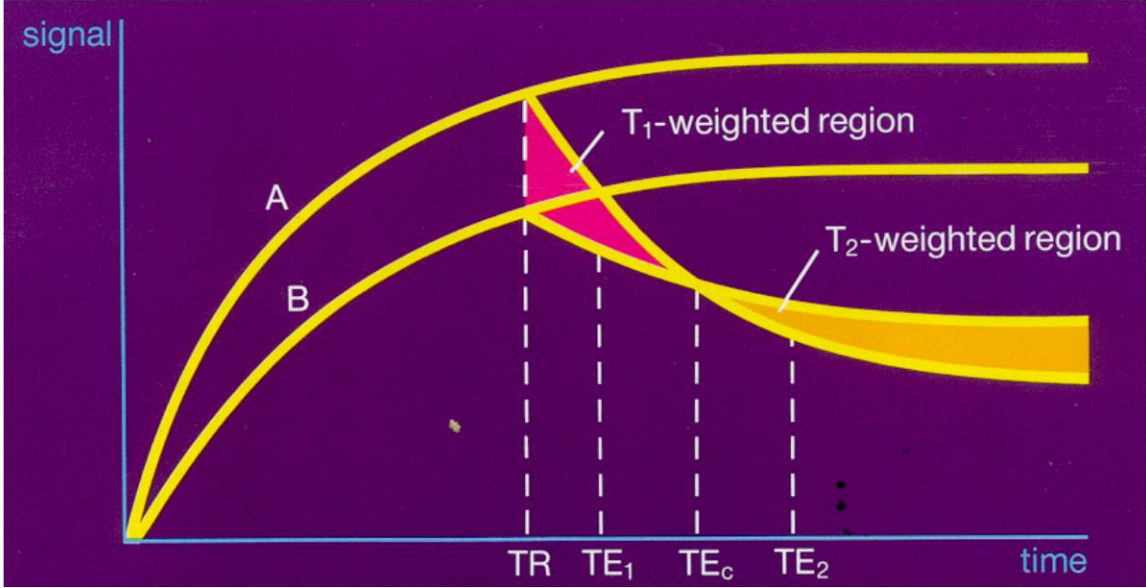









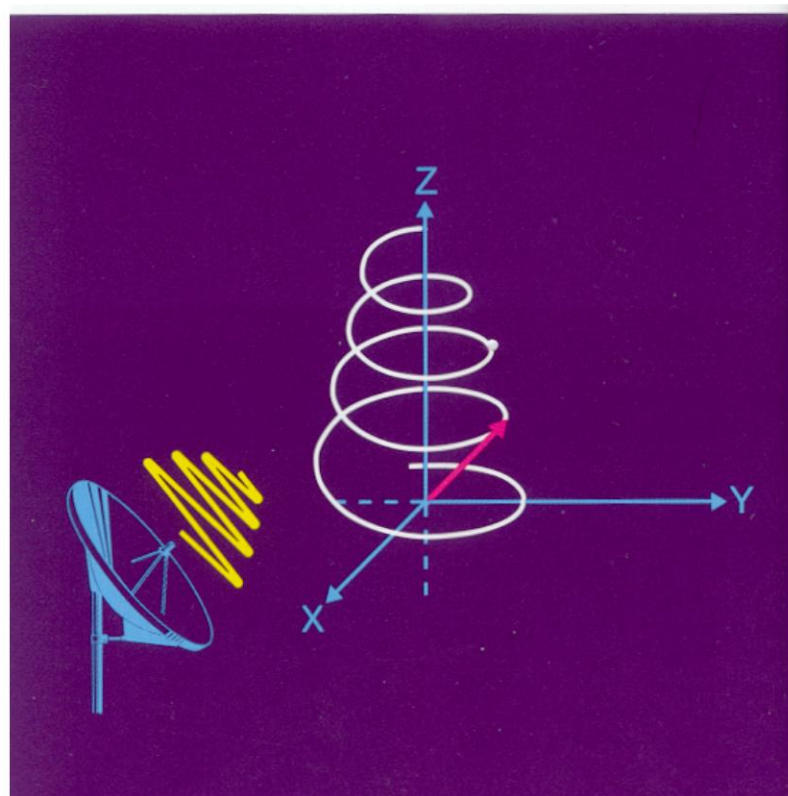




- 
- ⌘ Χρησιμοποιώντας αυτούς τους δύο παλμούς μπορούμε να **ξεχωρίσουμε** τους δύο ιστούς , γεγονός που δεν θα μπορούσε να γίνει αν επιλέγαμε μόνο έναν παλμό 90° ή δύο παλμούς που θα απείχαν μεταξύ τους μεγάλο χρονικό διάστημα
 - ⌘ αυτοί οι δύο παλμοί ονομάζονται **ακολουθία παλμών**
 - ⌘ υπάρχουν πολλές ακολουθίες παλμών που μπορούμε να επιλέξουμε και τελικά από αυτές εξαρτάται το σήμα που παίρνουμε από τους ιστούς
-

Free Induction Decay / FID

- ⌘ Εκτελώντας αυτή τη σπειροειδή κίνηση παράγεται (επάγεται) ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο είναι τελικά το σήμα που παίρνουμε στο MRI
- ⌘ FID σήμα (σήμα από την εξασθένιση της ελεύθερης επαγωγής)



T2-weighted image / εικόνα T2 προσανατολισμού



- ⌘ Εικόνα της οποίας η αντίθεση καθορίζεται κυρίως από φαινόμενα χαλάρωσης T2, ωστόσο φαινόμενα T1, η πυκνότητα πρωτονίων και φαινόμενα ροής συμβάλουν σε μικρό βαθμό στην αντίθεση της εικόνας



⌘ Μπορούμε χρησιμοποιώντας ανάλογες ακολουθίες να χαρακτηρίσουμε λίγο ή πολύ έναν ιστό, έτσι ώστε αυτός να παίζει μεγαλύτερο ή μικρότερο ρόλο στην εικόνα

⌘ ο γιατρός, λοιπόν, θα επηρεάσει τη συνολική εικόνα του σήματος κάνοντας ορισμένα όργανα να βαρύνουν περισσότερο από άλλα

others. All instruments (parameters), however, always play some role in the final sound signal).



Γιατί το T1 είναι μεγαλύτερο σε ισχυρότερα μαγνητικά πεδία ;

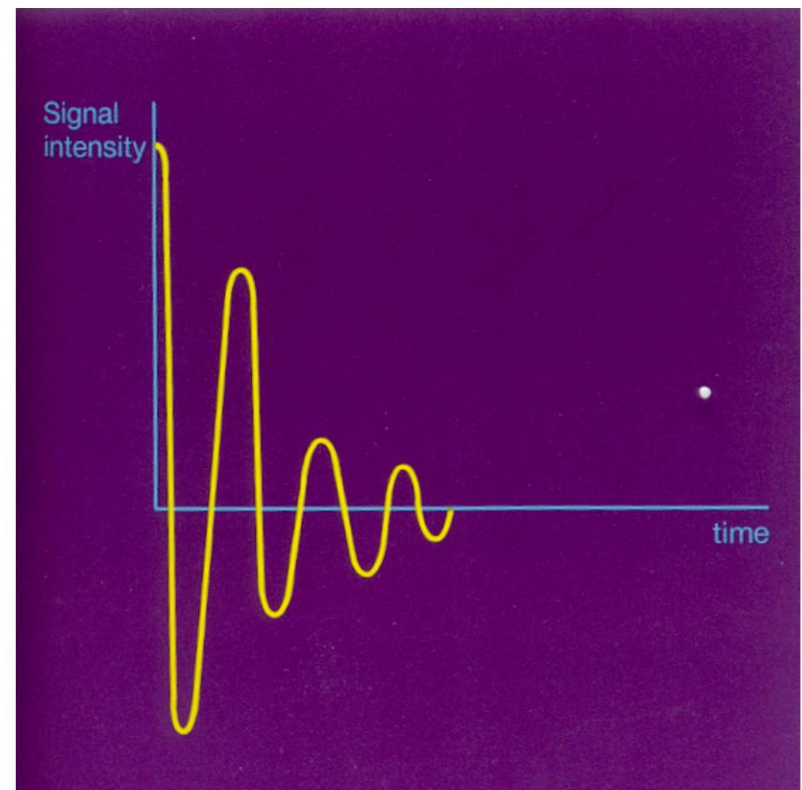
- ⌘ Η συχνότητα μετάπτωσης εξαρτάται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου
- ⌘ δηλαδή, σε ισχυρότερα μαγνητικά πεδία τα πρωτόνια έχουν μεγαλύτερη συχνότητα μετάπτωσης, δηλαδή κινούνται **πιο γρήγορα**
- ⌘ όσο πιο γρήγορα κινούνται τα πρωτόνια τόσο **πιο δύσκολα** χάνουν την ενέργειά τους σε δίκτυο lattice με πρωτόνια που κινούνται αρκετά **αργά**



Τι επηρεάζει το T2 ;

- ⌘ 1) Ανομοιογένεια στο εξωτερικό μαγνητικό πεδίο
- ⌘ 2) Ανομοιογένειες στα τοπικά μαγνητικά πεδία των ιστών
- ⌘ όσο \uparrow η ανομοιογένεια \rightarrow μικρότερος ο χρόνος T2

⌘ Η ένταση του FID
σήματος ελαττώνεται
με το χρόνο, αλλά έχει
σταθερή συχνότητα



- ⌘ L (spin lattice)
- ⌘ η επιμήκης χαλάρωση έχει να κάνει με ανταλλαγή **θερμικής ενέργειας** που τα πρωτόνια μεταφέρουν περιβάλλον τους στο ατομικό πλέγμα (**lattice**) καθώς επιστρέφουν σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη



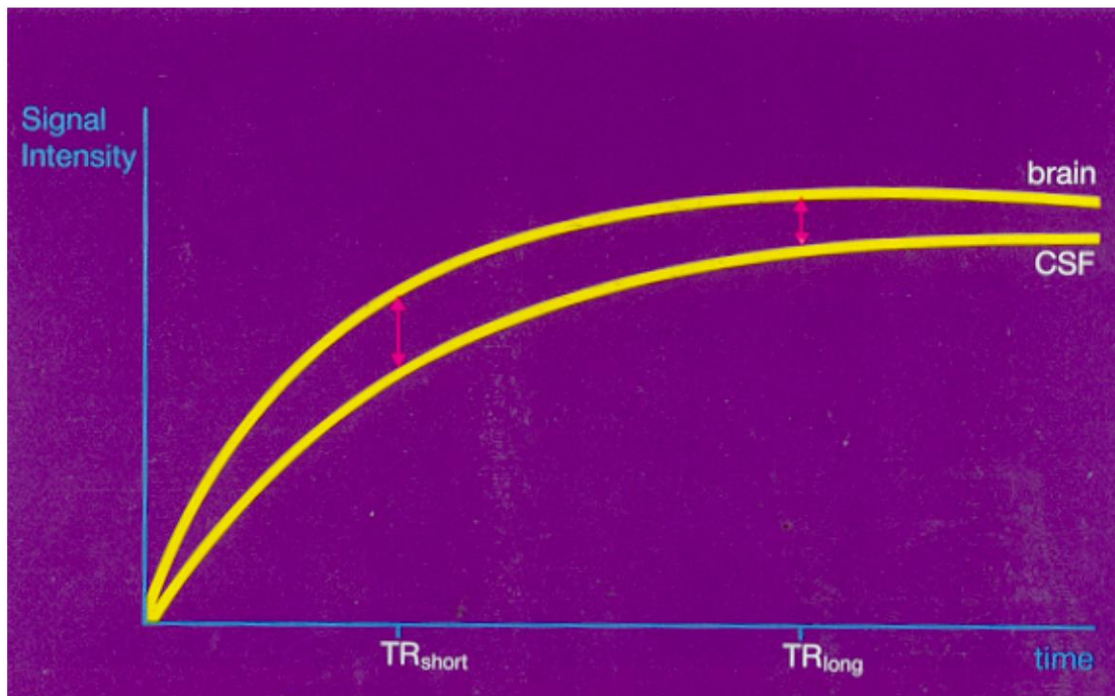
Τι επηρεάζει το T1 ;



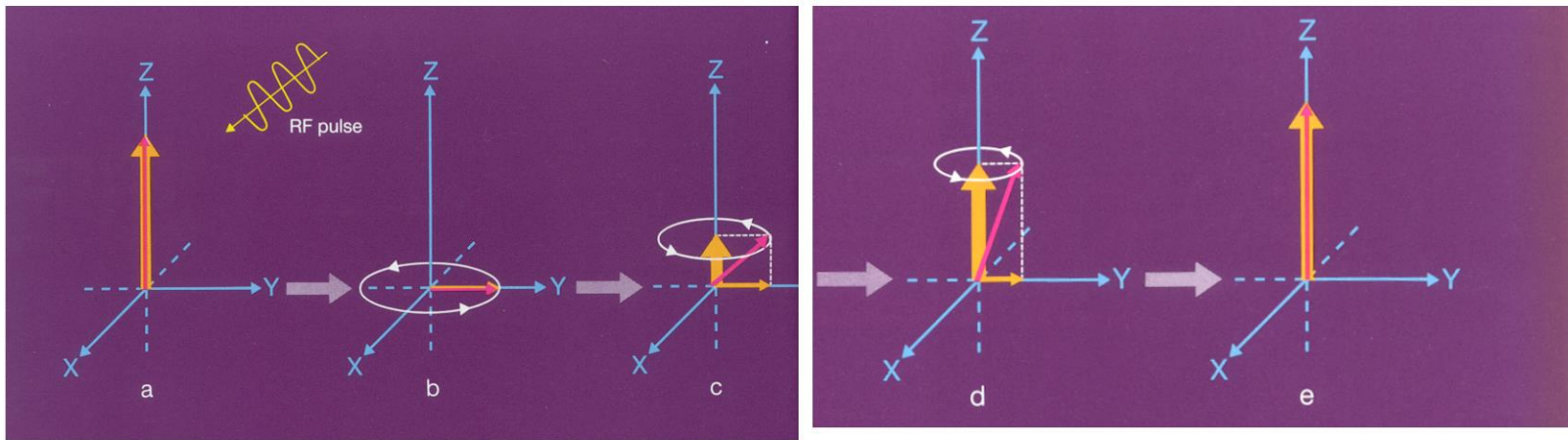
- ⌘ 1) Σύνθεση των ιστών
 - ⌘ 2) Δομή
 - ⌘ 3) Περιβάλλον τους
-
- ⌘ ♥ το T1 έχει να κάνει με ανταλλαγή θερμικής ενέργειας από τα πρωτόνια στο περιβάλλον τους (lattice δίκτυο)
-

T2 of water is longer than the T2 of impure liquids containing larger molecules

- ⌘ τα μόρια του ύδατος κινούνται πολύ γρήγορα και δεν παρατηρούνται διαφορές στα εσωτερικά μαγνητικά πεδία από σημείο προς σημείο, άρα το T2 είναι **μεγαλύτερο**
- ⌘ στα υγρά που περιέχουν μόρια υπάρχουν διακυμάνσεις στα τοπικά μαγνητικά πεδία. Τα μεγαλύτερα μόρια δεν κινούνται τόσο γρήγορα και έτσι τα τοπικά μαγνητικά πεδία δεν αλληλοεξουδετερώνονται τόσο εύκολα. Αυτές οι διαφορές στα μαγνητικά πεδία προκαλούν μεγαλύτερες διαφορές στη συχνότητα μετάπτωσης και έτσι τα πρωτόνια βγαίνουν εκτός φάσης **γρηγορότερα**



- ⌘ Χρόνος χαλάρωσης T_1 brain < CSF
- ⌘ short TR :μεγαλύτερη διαφορά SI



⌘ Αν παραστήσουμε με ανύσματα τις μαγνητίσεις μπορούμε να αντικαταστήσουμε τα δύο ανύσματα με ένα άνυσμα που αντιστοιχεί στη **συνολική μαγνήτιση ενός ιστού**

⌘ το συνολικό άνυσμα κατά την χαλάρωση επιστρέφει κατά τη φορά της επιμήκους μαγνήτισης ή εξισώνεται με αυτήν

Echo / ηχώ



- ⌘ Σήμα MR μετά την απόσβεση της ελεύθερης επαγωγής, το οποίο οφείλεται αμιγώς στην εγκάρσια μαγνήτιση



⌘ Ο παλμός RF προκαλεί ελάττωση της επιμήκους μαγνήτισης και την εμφάνιση μιας νέας εγκάρσιας μαγνήτισης

