

RISONANZA MAGNETICA

Agto contrasto, agto risonanza speciale, non var radiazioni ionizzanti.
Utile per la spettroscopia RM.

I fondamenti fisici di risonanza magnetica sono molto complicati

Bloch e Purcell hanno capito che si può risonanza con il resto degli elettroni.
Lo diventa applicabile in vivo molti anni 70 perché necessità degli algoritmi della tomografia

-> forza campo elettrica e magnetica => informazioni complementari rispetto alle altre tecniche
Sono i tempi nei cui i tessuti urtoni si liberano di energia
Sono radiazioni non ionizzanti, ma i campi magnetici sono così intensi da essere pericolosi

La RM ha un applicazione funzionale \rightarrow con mezzi di contrasto poco tossici si può monitorare il funzionamento della cartacea.

-> pattern d'obbiettivo morfologico e discreto dell'agto funzionale

Sono molto diffusi i dispositivi RM \rightarrow sia per cervelli che no

PRINCIPI FISICI

$$E = h \cdot f$$

Una transizione energetica ΔE genera un'onda di frequenza soggetta al solito energetico della particella
della costante di Planck

La spettroscopia: elementi diversi generano ΔE diversi e quindi frequenze diverse
Se una particella si sposta da uno stato E_1 ad uno stato $E_2 > E_1$, bisogna che dall'esterno venga fornito un quanto di energia $E_2 - E_1$

Lo quando dall'esterno non viene più fornito energia, la particella fornisce un quanto di energia all'esterno e passa da E_2 a E_1

Una sfera ha una certa massa, gira intorno ad un'orbita esse \rightarrow momento di spin

La rotazione ha una massa un certo \rightarrow momento di spin I

$$\vec{\mu} = \gamma \vec{I} \quad \gamma = \text{rapporto giro magnetico} \quad \rightarrow \text{momento magnetico } \mu$$

Non tutta la materia presenta momento magnetico spontaneamente, perché ha momento di spin nullo (tutti momenti di spin che si cancellano $\rightarrow \sum = 0$)

I momenti di spin vanno da quelli energetici $-I$ a $+I$ con passi di \hbar

L'ossigeno ha momento di spin $I=0$: anche se rotato, il totale è zero

Se $I=0 \Rightarrow \mu=0 \Rightarrow$ in un campo magnetico non ne risentono

Se $I \neq 0 \Rightarrow \mu \neq 0 \Rightarrow$ risentono di un campo magnetico \rightarrow la risonanza magnetica

Agisce la magnetizzazione i tessuti

La risonanza magnetica è fatta sulla base dell'atomo: numero di spin $\pm 1/2$; nuclei più scarsi possibili, molto abbondanti nei tessuti (un po' meno in quelli duri come l'osso) \rightarrow più un tessuto è povero d'idrogeno meno è peggio si vede con la RM

Si vedono meglio i tessuti più densi \rightarrow si riferisce all'acqua presente nei tessuti

L'idrogeno ha $I = 1/2 \rightarrow$ due stati possibili: $+\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$

ha un rapporto giro magnetico maggiore degli altri \rightarrow genera momenti magnetici maggiori e più di spin

I campi magnetici che si usano per magnetizzare i tessuti (clinici) sono dell'ordine di $1T$
 \rightarrow servono molto detti: più sono costosi meglio è, ma non fanno bene il lavoro

Per la magnetizzazione i tessuti il max è $3T$ (deroga per l'Europa o $7T$ all'estero dei tumori)

Ci sono soggetti che non possono fare la RM: oggetti ferrosi impiantati; chi è portatore di dispositivi impiantabili; apparecchi acustici; clip vascolari (se non sono certificati); soggetti con tatuaggi e marchiatura di cerchi, cartocina e barile non certificati

Ci sono solo due il campo magnetico è sempre dritto perché costa di più spaghiolo

Ci sono risonanze magnetiche piccole (es per ginocchio) che non interessano solo parte del corpo (es apparecchi acustici)

Distribuzione di atomi di idrogeno: sono giro, ed ha un suo campo magnetico e un momento di spin \rightarrow campo magnetico totale $= 0$ perché ogni atomo ha un orientamento nella spazio casuale

Se si applica un campo magnetico i protoni si orientano secondo il campo magnetico in condizione di minima energia \rightarrow la direzione è quella del campo magnetico, e verso è dato da $\vec{\mu} = \gamma \vec{I}$ del momento di spin e quindi magnetico

→ però quelle a testa in giù sono in equilibrio instabile e hanno un'energia maggiore.

I protoni che si girano (ruotano) un quanto di energia (ad una certa f) per farlo girare da su a giù deve fornire un quanto di energia.

Il campo magnetico esterno deve essere statico e costante, perché c'è un solo B_0 direzione e tendono ad essere equidistanti.

Se misuriamo la magnetizzazione della materia, è parallela con lo stesso verso del campo esterno.

$$\vec{M} = \sum_i \vec{M}_i \quad \text{vettore magnetizzazione}$$

Per magnetizzare un buon numero di protoni di idrogeno serve un campo magnetico di 1 Tesla.

Un protone (che sta girando a se stesso) se è messo in un campo esterno, si genera un momento che lo tira su con un moto di PRESSIONE DI LARICE → non riusciamo mai ad osservarla.

Il moto di PRESSIONE avviene ad una frequenza precisa: $\omega_0 = \gamma B_0$

→ questa frequenza di LARICE corrisponde alla ΔE tra testa in giù e testa in su.

La differenza tra i 2 livelli è perciò proporzionale al campo magnetico esterno.

12-01-11

B_0 è un campo magnetico statico, è intenso (è forte magnetizzare la materia).

Si fa conto che il campo magnetico sia orientato lungo l'asse z per definizione (in un sistema di ref.)

→ perciò il vettore magnetizzatore è diretto lungo z.

z: direzione longitudinale, xy: piano trasversale. In realtà di momenti magnetici lungo z non ce ne sono perché stanno precessando ma la componente longitudinale è uguale per ogni vettore; hanno anche la componente trasversale uguale ma in direzioni diverse $\sum = 0$.

- la componente trasversale totale è nulla, quella longitudinale si somma.

Orientazioni SPIN-UP (direzione +z) e SPIN-DOWN (direzione -z).
energia minore (equilibrio) energia maggiore (equilibrio instabile)

La differenza tra le 2 di protoni spin-up e spin-down è importante per il risonanza.

→ si fornisce energia dall'esterno per passare da 1 a 2 se si scappa o raffredda il corpo tutto il sistema di protoni non occorre tenerlo a B_0 e ω_0 non risonanza e a temperatura costante.

$\Delta E \approx 10^{-7}$ keV scatta da spin-down a spin-up
circa $4 \approx 10$ MHz banda delle radiofrequenze (base)

Per far passare un protone da 1 a 2 occorre fornire un quanto di energia alla frequenza di precessione ω_0 → circa decine di MHz.

RISONANZA: quando si emette energia ad una certa frequenza, i sistemi che hanno quella frequenza di risonanza si ossessionano tutto.

Se fornisco energia a ω_0 , il protone (dato che è il suo frequenza di risonanza) B_0 deve oscillare e passa ad un livello energetico maggiore → scatta protoni da 1 a 2.

Si fornisce così energia ai protoni con un campo elettromagnetico a frequenza minima ω_0 con un orientamento ω_0 → campo elettromagnetico a ω_0 .

è molto comodo perché a queste frequenze le antenne funzionano molto bene. Dato che osserviamo $\omega_0 = \gamma B_0$, se conosciamo B_0 è facile.

→ il 50% del costo del dispositivo è dato dal magnete.
PREVALENZA: qual'è il numero di protoni in 1, il resto di totale di protoni → su 2 milioni di protoni, solo 3 in più sono i restanti.

Se scatta l'energia esterna (l'ambiente), i protoni tornano da 2 a 1 e l'energia in eccesso viene emessa dal sistema (se l'energia di essere prima elettromagnetica a frequenza ω_0) → si può osservare questa energia, questa risonanza → fornisce molte informazioni.

Il campo elettromagnetico fornito si chiama B_1 , oscillazione a radiofrequenza → per definizione B_1 giace sul piano trasversale (xy) → ruota alla frequenza ω_0 .

In condizioni di risonanza è diretto lungo z. Se B_1 è diretto lungo x, xy ruota solidale con B_0 a ω_0 . Il moto di precessione dei protoni è governato da B_0 .

Precessione B_1 : le direzioni sul piano xy non sono + equidistanti, ma si ossessionano a $B_1(x)$. La somma vettoriale trasversale non è + nulla → il non è + questo lungo z ma ruota.

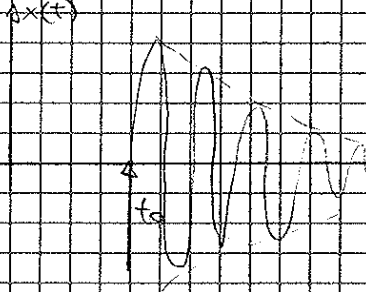
Del vettore magnetizzazione M non cambia il modulo ma solo direzione e verso → di aumentare della componente trasversale, diminuisce proporzionalmente quella longitudinale.

Quando M oscilla sul piano xy, la componente longitudinale è nulla → gli 1 sono uguali agli 2 se continuo a fornire energia con B_1 , il sistema continua ad oscillare → gli 1 diventa 2 → diventa maggiore, gli 2 invece la componente longitudinale lungo z → si riduce la componente trasversale fino a che M è diretto lungo z → 3 protoni in più di ambiente sono i nuclei di 1 → danno immetto la precessione.

Se continuo a fornire energia inizio a dissipare sotto forma di calore \rightarrow oltre ∞ pretesenza
 inattende non possiamo sapere (limitato da pretesenza)
 Oltre ad aver invertito il vettore magnetizzatore non si può andare \rightarrow dissipa l'energia
 che assorbe M caldo
 IMPULSO A 90° : tempo che serve per portare il sistema dal M su x
 IMPULSO A 180° : tempo che serve per portare il sistema dal M invertito
 Questo inversore della magnetizzatore M va ripetuto alcune volte \rightarrow a un tempo per
 fare in esame T_{rel}
 FLIP-ANGLE: $\alpha = \gamma B_1 t_{fl}$
 i due impulsi sono gli unici due volte in nm \rightarrow a si usa l'impulso a 90° o si usa
 l'impulso a 180°
 si può fare + valore magnetizzando B_1 ma c'è un limite normale
 $\rightarrow t_{fl} \approx 100ms$

25-01-2011

Questo movimento del sistema è regolato dalla frequenza ω_0
 Quando interrompiamo il sistema il campo di energia e il sistema torna alla configurazione
 iniziale \rightarrow si viene restituito un campo elettromagnetico alla frequenza ω_0
 il sistema si rilassa ed emette energia
 RELASSIVITA = tendenza di un sistema a liberarsi dell'energia in eccesso \rightarrow tempo
 Sulla base del segnale emesso dal motore che si rilassa e del tempo in forma immagine
 le tempistiche associate ai fenomeni di componente rilassato e rilassato sono diversi
 I protoni si liberano dell'energia in eccesso emettendo una radiazione elettromagnetica a
 frequenza ω_0 \rightarrow si "cattura" con antenne, spesso sono a contatto del corpo quello di
 radiazione per catturare bene il segnale
 il segnale ricevuto dalla bobina si chiama FID (= decadimento libero indotto)



segnale sinusoidale modulato in ampiezza da
 un esponenziale decrescente
 sinusoidale con frequenza ω_0
 esponenziale
 RELASSIVITA è il decadimento di tempo dell'esponenziale
 T_1 : costante di tempo di rilassamento longitudinale
 T_2 : costante di tempo di rilassamento trasversale
 M_z : parametro collegato alla densità \rightarrow DENSITA' PROTONICA (praticamente indica quanto
 acqua c'è)

$$x(t) = M_z \cdot \sin(\omega_0 t) \cdot e^{-t/T_2} = M_z \cdot \sin(\omega_0 t) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}}$$

T_1 : costante di tempo associata al meccanismo di rilassamento della componente longitudinale
 del vettore magnetizzatore
 T_2 : costante di tempo associata al meccanismo di smarrimento della componente trasversale
 M_z \rightarrow parametro collegato alla densità \rightarrow DENSITA' PROTONICA (praticamente indica quanto
 acqua c'è)

In risonanza magnetica si perturbano ripetutamente il sistema e ogni volta il sistema
 torna al rilassarsi, ma lo fa puntando a liberare l'energia
 \rightarrow perturbando in modo sinusoidale il sistema giocando sui tempi relativi di rilassamento
 uno dei tre parametri (T_1 , T_2 , M_z)
 Per tutti i tessuti $T_2 \leq T_1$ \rightarrow ripetendo con istanti brevi vedo bene T_2
 \rightarrow ripetendo con istanti lunghi vedo bene T_1

Questo meccanismo si chiama SEQUENZA DI ECITAZIONE
 \rightarrow i tempi usati sono solo \rightarrow impulso a 90° \rightarrow per enfatizzare T_2
 \rightarrow impulso a 180° \rightarrow per enfatizzare T_1
 il differenziale fra i 2 impulsi
 T_1 \rightarrow rilassamento SPIN-RETIKOLA: i protoni cedono l'energia in eccesso al reticolo (o protoni)
 T_2 \rightarrow rilassamento SPIN-SPIN: i protoni ricompongono l'energia totale del sistema
 scambiandosi energia fra di loro

T_1 e T_2 dipendono una da B_0 e dalla temperatura
 Due protoni per rilassarsi devono cambiare energia \rightarrow non cambia risultato di precessione,
 semplicemente passa dall'altro stato
 Dissipa di più SPIN-SPIN che SPIN-RETIKOLA (più velocemente)

FORMAZIONE DELL'IMMAGINE

Quando il sistema totale esce dallo stato di risonanza l'energia viene emessa in modo isotropico \rightarrow non riusciamo a distinguere i vari contributi dei protoni

\Rightarrow ~~devo essere~~ siccome uno dipende dal campo esterno, modificando il campo magnetico cambia la frequenza del segnale che lo ricevo \rightarrow il trucco è creare una codifica spaziale della frequenza (e del campo magnetico)

Ma B_0 è un campo magnetico statico \rightarrow per differenziarlo nello spazio, aggiungo un campo magnetico ad una porzione di spazio \Rightarrow si utilizza un GRADIENTE di CAMPO MAGNETICO: campo magnetico che ha un valore costante lungo una direzione dello spazio; due bobine uguali in cui la corrente viene scesa in senso opposto \rightarrow BOBINE di HELMOLTZ

Se voglio modificare in modo unico la direzione dello spazio devo usare 6 bobine \rightarrow ogni parte dello spazio genera un segnale a frequenza diversa

A questo punto con B_0 ma orientata posso eccitare solo una specifica parte dello spazio (alla frequenza a cui è) \Rightarrow si dà un'eccezione con tutte le frequenze (rumore bianco, detto)

Il segnale di ritorno si analizza con la trasformata di FOURIER

è proporzionato al valore di frequenza e B_0 distanza dal centro lungo un'asse
Pio il gradiente è pendente, più vicino al disassimilato \rightarrow ma ci sono delle limitazioni, se $B_0 = 1.5T$ i gradienti hanno valori di 40-50 mT/m

Se le bobine agiscono delle forze \rightarrow interazione tra i 2 campi magnetici \rightarrow non posso creare i gradienti senza B_0 stenderebbe le bobine

Normalmente in risonanza magnetica si definisce un volume per linea (2 gradienti) o per pixel (un solo gradiente) \Rightarrow di regola il procedimento fatto per fatto e si ricostituisce il gradiente 3D. (Non si usano mai i 3 gradienti \rightarrow si omette 1)

Ogni volta che sposta il piano si sente il rumore "toc" delle forze magnetiche sulle bobine. I protoni allora si possono spostare per effetto del gradiente: nei casi sopracitati solo una piccola percentuale sceglie il campo magnetico. Nel sistema binario invece non c'è una forza circolare perché i protoni seguono il campo magnetico \rightarrow sensazione di nausea nel paziente (non è dolorosa, è reversibile)

Il campo gradiente è impulsivo \Rightarrow si sentono tanti "toc" \rightarrow se si aumenta la corrente nelle bobine, ci vuole + tempo perché si crea e rompa la magnetizzazione \rightarrow aumentano i tempi di acquisizione

Imaging: codifica spaziale della frequenza di risonanza dei protoni

\rightarrow il mezzo di contrasto deve alterare esponenzialmente il valore di campo magnetico percepito dai protoni \rightarrow m. di c. paramo o base di sostanze magnetiche: ferro, gadolinio

Preparati endovenosi a base di gadolinio che altera il segnale dei protoni "circostanti"
 \rightarrow il m.d.c. però esce dai vasi e va a fissarsi nei tessuti: male se vuoi fare oncologico, bene se vuoi vedere anche il resto

Si preferiscono materiali paramagnetici perché differenziano di + 10% chi ossiche e chi non ossiche il mezzo di contrasto

Il problema di questi mezzi di contrasto è che non sono biocompatibili: sono metallo pesanti, possono depositarsi e l'organismo non riesce a smaltirli (sono presenti in chi è affetto da Parkinson, Alzheimer)

RISONANZA MAGNETICA FUNZIONALE

l'emoglobina è un mezzo di contrasto naturale \rightarrow diamagnetico se ossigenata, paramagnetico se deossigenata

Quando si usa di più un'area del cervello si consuma + ossigeno \rightarrow c'è un contrasto naturale
 \rightarrow si chiama BOLD

26-01-2010

DISPOSITIVO RM

I Dispositivi RM sono tutti uguali \rightarrow l'unica cosa che cambia è come costruito il magnete
 B_0 serve per generare il vettore magnetizzazione \rightarrow deve essere diretta dall'inizio del filo, non si spegne mai

• 0.3-0.6 T dipende, per avere un'immagine già buona

La \rightarrow il tubo risonanza è 1.5 T

ma se c'è il campo B_0 c'è il campo B_1 che serve per il segnale ma viene anche a frequenze \rightarrow diminuisce la penetrazione di B_1 , devo aumentare l'intensità \Rightarrow posso causare danni, ustioni...

• omogeneità: il campo B_0 deve essere uguale in tutte le parti dello spazio

\rightarrow uguale per tutti i protoni
si misura in parti per milione come variazione del valore di campo in direzione
a quello centrale si accetta di massimo una variazione di 100 ppm
se si superano le 100 ppm, si ferma il tubo e si rimonta a mano 5-6 giorni per ritararlo

- stabilità temporale: B_0 non deve variare nel tempo, deve essere mantenuta per tutto il durata dell'operazione almeno
 - > se B_0 varia, non costante + bene se costante spaziale
 - volume utile in cui sono garantite le prestazioni di B_0 -> VOLUME D'IMMAGINE
 - > fuori da questo volume, le prestazioni non sono assicurate
 - momentaneamente il volume utile è un cilindro lungo 70-80 cm (si riesce a fare con bobine tradizionali (comperte) -> non si riesce a fare bobine
- Per fare questo magnete si usa:
- una corrente elettrica distribuita uniformemente su una sfera -> corrente uniforme e sfera completa -> DISPOSITIVI A MAGNETE RESISTIVO
 - corrente elettrica uniforme su un segmento di sfera di spessore infinito -> corrente costante e spessore infinito -> DISPOSITIVI A MAGNETE SUPERCONDUTTORE (sono i + usati)
 - tra le esperienze passate di una bobina -> DISPOSITIVI A MAGNETE IBRIDO (non si usa quasi più) -> cioè serve una bobina molto grossa: costo elevatissimo peso e volume enormi
- > meglio recarsi sopra esse approssimazioni della geometria

SHIMMING:

ha il compito di correggere le disomogeneità del campo magnetico B_0 e tipiche di un max di 100ppm

Più è allontanata lungo la direzione dello spazio dal centro del magnete, più B_0 varia -> sviluppo in serie di Taylor

-> sviluppo campo magnetico che omogeneo i termini dello sviluppo di Taylor (fanno il primo) -> bobine di Helmholtz

-> si ripete questo procedimento molte volte, e per tutte le direzioni dello spazio

-> shimming passivo in fase di installazione del magnete si fa tutto il misura di omogeneità e si installano i componenti che servono

-> shimming attivo: durante la vita del dispositivo, quando è disomogeneo, (il magnetico mischiato, si possono mischiare, ...) si riomogeneizza

Alcuni dispositivi hanno uno shimming automatico

MAGNETE RESISTIVO:

bobine formate da avvolgimenti di alluminio e rame (oro e rame costano troppo) e forma di tambello disassiale o formate una sfera -> chiuse tra piastre stagne (piastre a carboni) in cui scorre un liquido di raffreddamento

-> approssimazione di corrente uniforme sulla superficie di una sfera -> deve essere un buon shimming

Il problema di questo magnete è il calore prodotto, per avere un campo magnetico meno dell'area delle correnti -> grande perdita termica da dissipare (0.3T -> 2000KW) -> l'effetto termico è il vero limite: non si riescono a spingere i DFT con questo magnete

La stabilità del campo B_0 è assicurata dal sistema di alimentazione (corrente costante) e dal sistema di raffreddamento (temperatura costante)

Il vero pregio del magnete resistivo è che si può far accendere e spegnere quando voglio -> con un tasto quindi è integrato con corrente e quindi B_0 -> è meno pericoloso

La manutenzione del magnete costa poco, la parte di shimming non c'è niente, e non può essere troppo -> meno ingombrante e + leggero

01-02-2011

Il magnete resistivo si usa per scansioni ottimali e in alcuni casi per scansioni dell'encefalo -> quando è paziente è critico o claustrofobico, perché ha delle geometrie + aperte.

MAGNETI RESISTIVI -> AIR-CORE = le piastre di alluminio sono avvolte su nulla
 -> IRON-CORE = su un core di metallo -> a volte molto metallo e non cambia molto -> non si riscalda + (il girare è quello, non fonda)

MAGNETE SUPERCONDUTTORE

ogni materiale se di sotto della sua temperatura critica diventa superconduttivo

-> la resistività del materiale si azzerò -> legge di Ohm perde significato se un materiale non ha resistività, non ha perdite, non c'è l'effetto Joule

Tutti i metalli e alcune ceramiche e composti possono essere portati in superconduttività -> bagno di azoto liquido: si consuma molto a mantenerlo in superconduttività. Si preferisce usare metalli: nichel/titanio o niobio/titanio anche se le ceramiche hanno Tcritica più alte (da 50K a 90K)

metalli ceramiche

20 km di cui oroloteria a formare un solenoide → non si riesce a farlo con le bobine
 Si può imitare quanto conviene si vuole nello cabina / ospedale → non ottuso nulla
 Riesce a creare un campo magnetico grande; ma se aumento la corrente, aumento fis ma
 la temperatura critica diminuisce → regola tra densità di corrente, campo magnetico e temperatura
 critica

QUENCHING: se si sale sopra la T critica, si ripristina la resistenza istantaneamente e
 il magnete inizia a dissipare tutta la corrente → il magnete si danneggia
 Solenoide sottovuoto in un bagno di azoto liquido ed olio liquido:
 → si usa uno per mantenere il metallo in superconduttività e l'altro per termistotizzazione
 il primo olio in un bagno di azoto. FGA: 0.5 e/h (olio ha T più bassa)
 Azoto: 2 e/h

Dimensioni di olio e azoto → 20-30 giorni di autonomia.
 I moderni dispositivi non prevedono il fermo macchina ogni 30 giorni
CRISTALLO MECCANICO: motore che fa forza su gas e azoto di carboni → ruotano in parte
 il gas che si è riscaldato. L'olio comunque fa volere meno e l'azoto non serve
 più → ma la macchina con il cristallo costa 10% in più.

ci sono dispositivi per coacere il magnete: giunzione Josephson, che funziona molto
 in superconduttività e molto nel mondo reale.
 → giunzione metallo-metallo e cui inietta corrente e poi azoto in superconduttività
 la corrente inizia a circolare infinitamente (R=0)
 Servono circa 2 ore per coacere il magnete con questo metodo (si ripete il procedi-
 mento + volte)

Lo stesso cosa bisogna fare per scaricare il magnete: la giunzione esce dalla superc,
 si ottiene una resistenza che dissipa si supporta in superc, e si riflette
 Normalmente il superc viene spento solo per questi manutenzione → sono così emozionati
 Con questo magnete ottiene a campi superiori ad un Tesla → se è volume è ridotto
 si ottiene 0.14 Tesla.

Perché c'è sempre (notte e giorno) un campo magnetico da 4.5T (Nero ussico).
 → lo schermatura della stanza deve essere molto buona
 → linea operativa sul pavimento: stando fuori dalla linea verde non si genera
 il dialettale
 Linea gialla: 250 Gauss Linea rossa 500 Gauss
 Finestra per far vedere e operare → vetro e porta a norma.

ci sono problemi che sono certificati per tum → non causano danni, ma
 disturbano le linee del campo e l'immagine viene detta

Possibile avere eventi di quenching non distruttivi → quando varia la temperatura
 → può esserci una perdita di olio o azoto: se è all'esterno non si causa danni (trasi-
 senza che si collegano alle spire e scaricano il magnete → evitare che si causino danni) =
 → il problema è nella stanza magnete: c'è il quenching non si può fare nulla.
 → gettato un gas nell'aria, se aumento la temperatura, aumentano pressione e
 volume: non si riesce ad intercettare

Il solenoide si fa cristallo ferro e di diametro piccolo → il campo di centro è molto
 omogeneo → molto costoso

La Rm però è limitata nell'applicabilità → funziona molto bene, ma non tutti possono

Lo spazio deve essere termistotizzato → per il paziente
ENCEFALO
 • Dispositivo per ventricolografia → si inserisce oro nei ventricoli → con la radiologia si riescono
 a vedere i ventricoli.
 Il problema è liquido cerebrospinale a monte morto e sanguinare → nausea, vomito, svenimen-
 • Con TC non si vede molto meglio il cervello → es. per un caso di TC diventa positivo dopo
 una 36 ore (quando il liquido inizia a fluidificare)

Come libertracking → prova a spostare i protoni: dove si riescono a spostare
 siamo su una fibra nervosa

SEQUENZE

Creare di perturbare il sistema in modo da far perdere T₁, T₂ o la densità protonica

Legge di Bloch che descrive nel tempo l'evoluzione del vettore magnetizzazione
 → equazione differenziale vettoriale

$$\frac{dM}{dt} = \gamma M \times B - R(M - M_0)$$

$$B = B_0 + B_1$$

La derivazione nel tempo del vettore magnetizzazione
 R: matrice 3x3 di rilassamento
 = (CORRENTE ESTERNA) - (RESISTENZA AL FLUSSO)
 $\gamma M \times B$ = equazione della magnetizzazione a seguito dell'applicazione esterna di un cas
 R(M - M₀): come resistenza di moto tende a
 riportare il vettore B

In condizioni di equilibrio: $\frac{dM}{dt} = 0$ perché i due termini sono zero.

Se applichiamo B_1 : si genera un momento meccanico che sposta M

Se siamo in B_1 : molla a B_0 parte di dissipazione
 La matrice di rilassamento: $T_2 \rightarrow$ direzioni x e y
 $T_1 \rightarrow$ direzione z

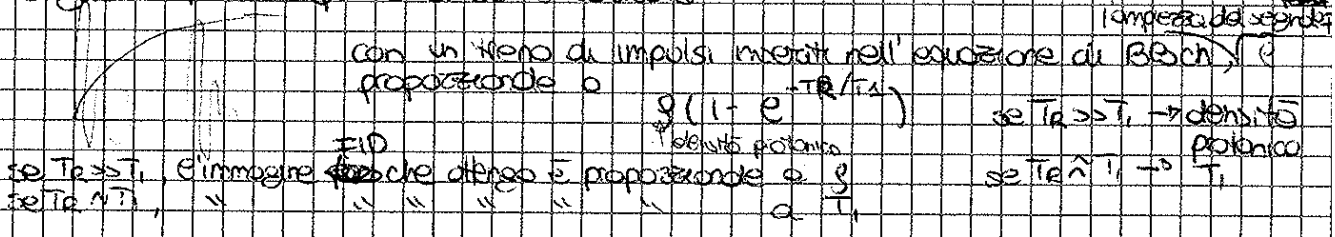
\Rightarrow è un'equazione matematica risolvibile: il problema è che la matrice di rilassamento R è anche un'incognita.

\rightarrow noi vogliamo fare in modo che l'eq. di Bloch formi pseudo $\rho_T(z)$ o $T_2(x, y)$

In un caso sono state definite delle sequenze del tipo RF :
 con un particolare campo B_1 , si stimola o T_1 o T_2

SATURATION RECOVERY

più semplice ma non detto
 somministrare un impulso 90° M si sono rovesciato, spengo B_1 ($M_{eff} = 0$) \rightarrow diagramma di rilassamento della componente longitudinale M_z esponenziale con costante di tempo T_1
 se però quando passiamo ad una certa ampiezza, da un certo impulso 90° l'ampiezza del segnale FID è quella a cui è "conscio"



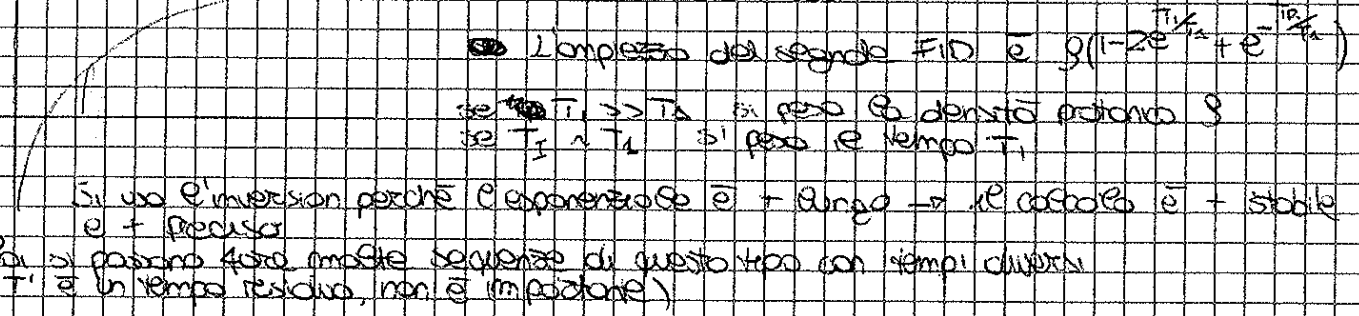
- \rightarrow in RM le tempistiche sono molto importanti
- \rightarrow uno stimolo non basta, ne servono molti \rightarrow esami che durano 40 minuti/1 ora
- \rightarrow come somministrare B_1 , spengo non pensare (con saturation recovery non si può passare T_2)

la sequenza saturation recovery è molto utile
 Determinante per primo caso si fa una sequenza molto utile (saturation recovery) per orientarsi nello spazio e definire il volume di scansione

INVERSION RECOVERY

il primo impulso a 180° rovescia il vettore magnetizzazione in basso

$TR = 180^\circ + T_1 + 90^\circ + T_1$ dopo l'iniezione da un impulso a 90° e varia questi casi

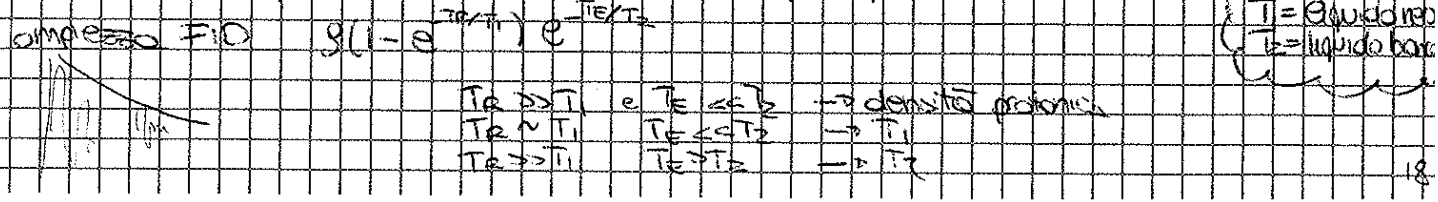


SPIN-ECHO

è molto utile per T_2 (perché i tempi sono molto + sudati)

$TR = 90^\circ + TE/2 + 180^\circ + T_1$

Impulso a $90^\circ \rightarrow$ magnetizzazione si sono rovesciate (es. lungo x), se spin girano con velocità ω \rightarrow ogni spin sente un campo magnetico totale diverso: precessione sincrona ma girano con velocità diverse
 Impulso a $180^\circ \rightarrow$ vettore magnetizzazione sotto: stesso x + velocità sono + costanti \Rightarrow convergono sull'asse x nello stesso momento sincrono \rightarrow si annullano le piccole disomogeneità del campo che influenzano molto T_2
 È l'unico modo per enfatizzare il meccanismo spin-spin a T_2



Con lo spin-echo (e 3 componenti) sono sempre presenti \rightarrow variando le tempistiche se ne enfatizza una delle tre.

Le sequenze possono essere prodotte per spegnere il segnale in certi tessuti (es grasso)
 \rightarrow sequenze FAT-SUPPRESSION

02-02-2011

SEQUENZA = combinazione di impulsi e risposte

Normalmente il radiologo fa almeno due sequenze (una con T₁ e l'altra con T₂) più altre miste.

L'esame di rima dura almeno 40-50 minuti

ARTIFATTI

Se il campo magnetico statico B₀ è disomogeneo, sfocia B₀ codifica dei protoni \rightarrow le geometrie sono distorte

\rightarrow bisogna fermare tutto e fare shimming

Se c'è del metallo, ci sono disomogeneità locali del campo

\rightarrow ci sono casi in cui la distorsione del metallo si proietta su tutto l'immagine

Se i gradienti non funzionano bene, l'immagine è giusta, ma schiacciata (o estesa) \rightarrow lungo una direzione lo spazio è ridotto

Impostazione del volume: fette sottili \rightarrow buona discriminazione dell'immagine
fette spesse \rightarrow l'immagine diventa sfumata \rightarrow effetto di volume parziale

Flusso (immagine delle cose dall'esterno): i vasi appaiono neri anche se contengono acqua
 \rightarrow perché i protoni nei vasi si spostano, quelli eccitati non sono + nel piano in cui legge
 \rightarrow sequenza speciale per farlo ANGIOGRAFIA \rightarrow tecnica BLACK-BLOOD: vaso in nero e resto bianco
WHITE-BLOOD: vaso in bianco e resto nero
si può anche usare una sequenza che eccita su un piano e legge su un altro \rightarrow flusso
colore e vascelli del flusso \rightarrow tecnica GRADIENT-ECHO

La RM non viene usata per il collo, in ostetricia/ginecologia

Serve per:

- testi molli (e meglio)
- abbiamo dolore
- non ha problemi di presenza d'aria
- può vascolare \rightarrow con o senza M.d.c.
- oncologia
- ottorino \rightarrow tendini e legamenti
- colonna vertebrale
- prostata
- cardiaca \rightarrow si sta sviluppando molto in questi anni (sistema che sincronizza la sequenza all'ecg)