فريق الكريات الحمراء التطوعي
22
S.P 50
20
20/4/2016
RB Medicine
كلية الطب البشري
السنة الخامسة

المرنان

13 د. يوسف برو

الأشعة | Radiology

رحلتنا معكم مستمرة أصدقائي ☺
قد تجدون المحاضرة جافة وصعبة الفهم، حاولنا قدر الإمكان تبسيط الأمور ولكنّه موضوع معقدٌ بطبعه، والجيد في الأمر أن الدكتور لم يدقق على التفاصيل كثيراً واكتفى بالخطوط الرئيسية والهامة ☺
سنشيرُ للفقرات الهامة امتحانياً لتركزوا عليها، نصيحة أخوية (اقرأوا النظرة البانورامية خصوصاً في هذه المحاضرة).....نبدأ بسم الله ☺

مخطط المحاضرة

- المبادئ الفيزيائية للمرنان.
- الزمن الأول والزمن الثاني.
- المواد الظليلة المستخدمة في المرنان.
- استخدامات المرنان وكيفية استخدام جهاز المرنان.

المبدأ الفيزيائي للرنين المغناطيسي Physics of Magnetic Resonance Imaging

- يأتي اختصار MRI من الأحرف الأولى لكلمات Magnetic Resonance Imaging والتي تعني التصوير بالرنين المغناطيسي، والتي **تعتمد بدورها على ذرة الهيدرجين.**
- **تم اختيار ذرة الهيدروجين لسببين:**
  - لأنها الأشيع في الجسم **ويعود ذلك إلى شيوع الماء في الجسم (ثلثي الجسم).**
  - لأن ذرة الهيدروجين بسيطة فهي مكونة من **بروتون واحد يدور حوله إلكترون واحد.**
- هذا البروتون الصغير كالكرة الأرضية يدور حول نفسه باستمرار، وبما أنه مشحون كهربائياً فإن دورانه يَخلق مجالاً مغنطيسياً حوله.
- **باختصار:** البروتون يدور حول محور (Spin) وهو يملك شحنة كهربائية موجبة تدور معه، حركة الشحنة الكهربائية تولد تياراً كهربائياً ينجم عنه مجال مغناطيسي خاص بالبروتون.

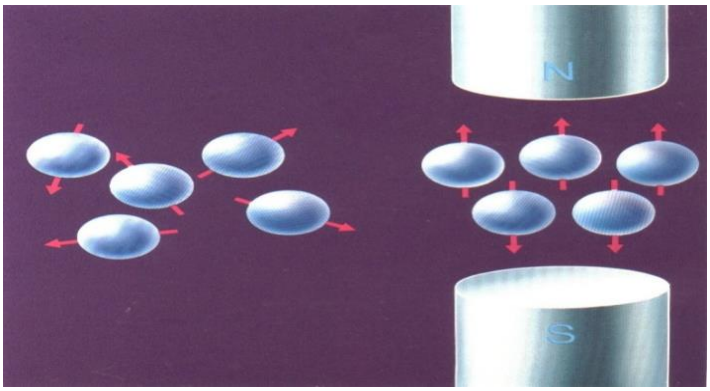
Al Kamal
0 00010 50922 7

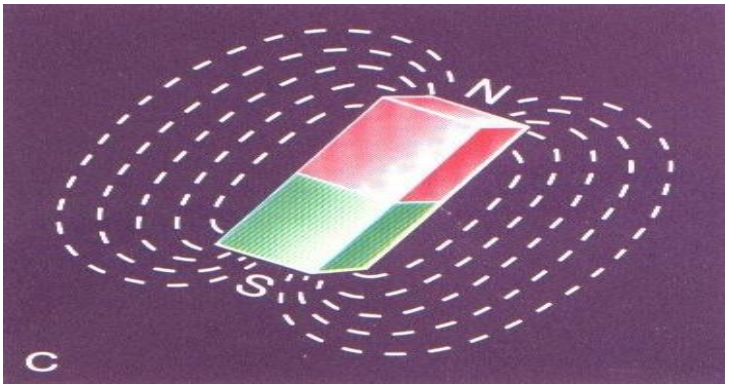
لم يؤكد الدكتور على مبدأ عمل الجهاز وطالبنا بفهم الفكرة بشكل عام دون الخوض في التفاصيل ... علماً أن أسئلة الامتحان أكّدت لنا ذلك ☺

عمل الحقل المغناطيسي

- **تدور** بروتونات ذرات الهيدروجين في الحالة الطبيعية (في جسم الإنسان) **بشكل فوضوي** بحيث تكون محصلة هذه العزوم المغناطيسية الصغيرة الناتجة عن دورانها معدومة **(محصلة مغنطة جسم الإنسان معدومة).**
- لكن عندما نضع البروتونات في **حقل مغناطيسي** خارجي قويّ فإنها تصطف إما بشكل موازٍ لهذا الحقل المغناطيسي أو بشكل معاكس له.

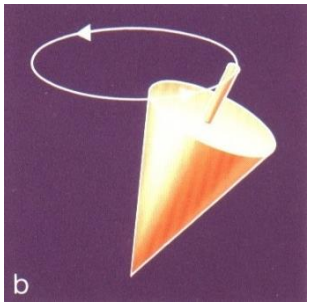
- بما أنه من الأسهل على البروتونات أن توافق اتجاه الحقل المغناطيسي الخارجي من أن تعاكسه فإن عدد البروتونات المصطفة بشكل موازٍ للحقل المغناطيسي **أكثر** من عدد البروتونات المصطفة بشكل معاكس له[1].
- لوحظ أنه **كلّما قمنا بزيادة شدة الحقل المغناطيسي الخارجي كلّما ازداد هذا الفارق بين البروتونات مما أدى إلى زيادة في وضوح الصورة.**





الدوارة أو المداورة Precession

- يدور البروتون حول محورٍ خاص به، ولكنه يدور كذلك حول مجالٍ محدد، وهذا الدوران يسمى **(العزم Precession)** دوارة أو مداورة وهو مصطلح فيزيائي.



- فالبروتون كالأرض التي تدور حول محورها (نفسها) وفي الوقت نفسه تدور حول مجال محدد (حول الشمس)،

[1] فعلى سبيل المثال لو كانت البروتونات المعاكسة مليون بروتون فستكون الموافقة حوالي مليون وأربعة فالفرق صغير جداً، وما ندرسه في الرنين هو هذه الأربع بروتونات أرشيف.

والتشبيه الأمثل هو بلبل اللعب الذي يدور حول نفسه وحول محورٍ آخر في الوقت نفسه.

- نستنتج أنّ كل جزء بالجسم له محور مغنطة خاص به، فالمثانة لها محور خاص والمادة البيضاء لها محور خاص والمادة الرمادية لها محور خاص، **أما العظم والهواء في الرئتين ليس لهما محور** لأن الهيدروجين (البروتونات) فيهما قليل جداً.

معادلة لارمور

- تواتر الدوارة Precession Frequency يمثل عدد الدورات التي يدورها البروتون في الثانية، ويحسب من معادلة لارمور غير مطلوبة للحفظ بل فقط لاستكمال المعلومة:

- $W_o = \gamma B_o$
- W_o = (Hz ،MHz) وتمثل Precession Frequency.
- γ = (MHz /T) عدد يمثل معادل مغناطيسي جيروسكوبي، يختلف من عنصر لآخر.
- B_o (تسلا T) قوة الحقل المغناطيسي الخارجي.
- W_o لبروتون ذرة الهيدروجين في حقل مغناطيسي بقوة 1 تسلا يعادل 42 مليون دورة/ثا.

والآن ماذا؟؟ نضع المريض في المغناطيس ثم نحصل على القياس؟!

- **لا** فهذا الاصطفاف العمودي غير قابل للقياس كـ(ماء النهر) أي بلا نتيجة، أي أن المغنطة الطولانية Longitudinal magnetization لا يمكن قياسها بشكل مباشر وبالتالي فالمغنطة العرضانية ضرورية transversal magnetization.

الرنين (التجاوب المغناطيسي)

- للتأثير على المركّبة الطولانية (المغنطة الطولانية) للبروتون وتغيير اتجاهها نستخدم **نبضة راديوية**، وحتى يحدث هذا التأثير يجب أن يكون تواتر frequency النبضة مماثل لتواتر **البروتون**[2].
- إذاً حتى تنعكس المحصلة المغناطيسية الشاقولية إلى المستوى الأفقي تستخدم موجة راديوية تدعى (RF pulse)، وهي موجة راديوية كهرومغناطيسية لها مجال تواتر موافق لتلك الموجات المستقبلة من الراديو.
- **فقط RF pulse الموافقة في التواتر لتواتر البروتونات يمكنها إعطاء طاقة للبروتونات.**
- هذه الظاهرة تدعى الرنين **(توافق التواتر)** Resonance.

[2] متل سرفيسين بدن يصرفوا من بعض فلازم يمشوا مع بعض بنفس السرعة.

أمثلة على مبدأ التجاوب:

- المثال الأكثر انتشاراً هو منع فرقة الجيش من المشي بالنظام المنضم على الجسر المعلَّق خوفاً من نقل الطاقة من خطا العساكر المنتظمة إلى الجسر الذي يمكن أن يتهدّم، والسبب في حدوث الانهدام هو تواتر الخطى العسكرية للجنود وتواتر بروتونات ذرات الجسر، وهذا حدث بالفعل في فرنسا.
- من الأمثلة الأخرى قدرة لاعب الكاراتيه على كسر عدة طبقات من الحجر مصطفة فوق بعضها البعض لأنه تدرب على جعل تواتر ضربته متوافقاً مع تواتر بروتونات ذرات الحجر مما يقود لنقل أعظمي للطاقة بين هذان التركيبان المتوافقان بالتواتر.(أرشيف)
- كذلك الزلازل التي تسبب بانهيار مباني ذات أساس متين إذا كان لهذه الأبنية نفس تواتر حركة الزلازل في حين أن بعض المنازل القديمة لا تتأثر (بسبب عدم توافق تواتر الزلازل مع تواتر جزيئات المبنى).(أرشيف)
- غناء المغنية الحاد يمكن أن يكسر الكأس الزجاجي لتوافق تواتر صوتها مع تواتر جزيئات الكأس.

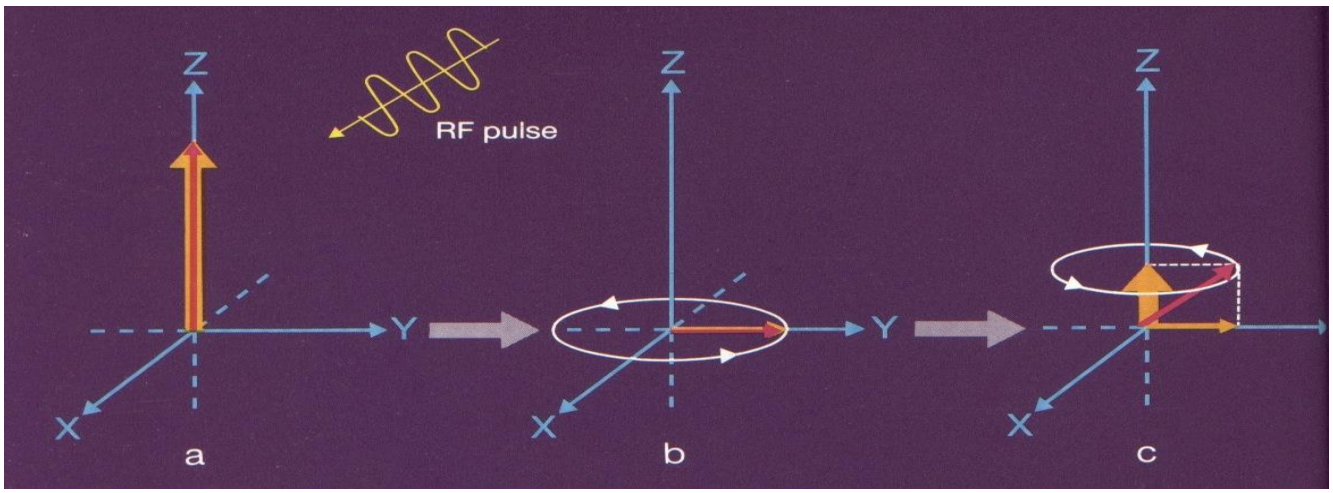
الخلاصة حول الرنين أو التجاوب:

- التجاوب هو **نقل الطاقة بين تركيبين يمتلكان نفس التردد.**
- **التركيبان هما:**
  - بروتون نواة ذرة الهيدروجين.
  - وشائع كهربائية نسميها (آنتينات أو كويلات)، التي تُنتج الموجات الراديوية.
- **تأثيرات الموجة الراديوية على البروتونات:**
  - تعطي بعض البروتونات طاقة فتقلبها من الاتجاه العلوي الأقل طاقة إلى الاتجاه السفلي الأعلى طاقة[3]، وهذا ما يسبب نقص المغنطة الطولانية.
  - تجعل جميع البروتونات الأمامية والخلفية والتي في الجانب الأيمن والأيسر تدور في طور واحد (to Precess in Phase) مما ينجم عنه قوة تمثل بمغنطة عرضانية.

[3] أي المعاكس لاتجاه الحقل المغناطيسي.

نتائج ظاهرة الرنين هاااام

- بما أن تواتر الموجة الراديوية مطابق لتواتر Larmor (الذي هو تواتر دوران البروتونات) فإنه سيحصل **نقل للطاقة من الموجة الراديوية إلى البروتونات** فتصبح البروتونات بحالة استثارة وذات طاقة عالية، مما يؤدي إلى دورانها من المحور الشاقولي (محور Z) الذي توجّهت فيه بتأثير الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق من جهاز الرنين إلى المحور الأفقي (محور X-Y).
- فإذا زال تأثير الموجة الراديوية وعاد البروتون إلى حالة الاستقرار ردَّ تلك الطاقة على شكل حرارة وعلى شكل إشارة كهربائية (ناتجة عن عودة البروتون لحالة التوازن) هي التي نقوم باستقبالها وتسجيلها.
- يحصل تجاوب بين الموجة الراديوية وتواتر Larmor وهذا التجاوب يسمى (رقص البروتونات).
- **الإشارة الناتجة لها مركبتان:** مركبة طولية ومركبة عرضية.
- لكل نسيج من النسج في جسم الإنسان إشارة خاصة به (إشارة للمادة البيضاء والرمادية والعظم...إلخ) وذلك حسب محتواه من البروتونات في ذرات الهيدروجين.
- العودة إلى حالة التوازن **تسبب ظهور المركبة الطولانية وتراجع المركبة العرضانية.**
- إذا راقبت هذه القوة المغناطيسية عن بعد تجد أنها تقترب منك ثم تبتعد عنك، فهي في حركة دائمة وهذا يولّد تيار كهربائي يمكن استقباله بلاقطات (an antenna)، وهذه حقيقة إشارة الرنين سلايد.

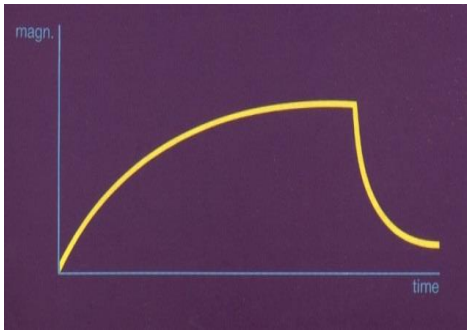


الخلاصة حتى الآن (لا ترهق نفسك بالتفاصيل الفيزيائية.. افهم المبدأ) *

- عزلنا المجال الأرضي، وضعنا الجسم ضمن حقل مغناطيسي (حيث اصطفت البروتونات معه أو عكسه)، بالنتيجة حصلنا على محصلة عزوم (هي الأربع بروتونات من أصل كل مليون) ذات طاقة ضئيلة هي محور عملنا في الرنين.
- نعطي مجالاً مغناطيسياً جديداً بوجود كواشف (وظيفتها تحريض خلل أثناء وجود الانتظام السابق) عن طريق إعطاء أمواج راديوية و نتلقى إشارة البروتونات.
- عندما نعطي طاقة للبروتون فإنه ينزاح من المحور الشاقولي إلى المحور الأفقي، ومن ثم عودة البروتون لوضعه الأصلي بعد إيقاف الموجة الراديوية فيحدث ما نسميه (رقص البروتونات).
- إذاً في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي هناك نقل للطاقة بين تركيبين يتحركان بنفس التواتر. هذان التركيبان هما: بروتونات ذرات الهيدروجين في جزيء الماء الموجود في جسم الإنسان، والأمواج الراديوية المنطلقة من الوشائع الكهربائية المحيطة بجسم المريض ما يسمى ب COILS.
- بالتاااااالي فكرة الرنين هي **نقل الطاقة بين تركيبين يتحركان بنفس التواتر.**

الزمن الأول T1، الزمن الثاني T2 (هاااام)

- موجة RF pulse أفنت تقريباً المغنطة الشاقولية وتسببت في إظهار قوة مغناطيسية جديدة عرضانية، عند إيقاف موجة RF pulse تعود الأمور إلى ما كانت عليه قبل إعطاء هذه الموجة الراديوية، أي ستعود المغنطة الشاقولية للظهور وستختفي المغنطة العرضانية الجديدة، الزمن اللازم لذلك هو حقيقة T_1، T_2 على التوالي، ولقد أصطلح على أن:
  - T1 هو الزمن الذي تستعاد فيه 63٪ تقريباً من المغنطة الشاقولية.
  - T2 هو الزمن الذي تنقص فيه 37٪ من المغنطة العرضانية.
- بحسب غزارة الماء في كل نسيج فلكل نسيج إشارة خاصة به (أي T1-T2 خاصة به).
- يتراوح:
  - T1 بين 300 – 2000 ميلي ثانية، أي أنه **أطول**.
  - T2 بين 30 – 150 ميلي ثانية، أي أنه **أقصر**.



أي أن T1 هو دائماً أكبر من T2

- جزيئات الماء صغيرة وتدور بسرعة فائقة، لذا من الصعب عليها التخلي عن طاقتها بسرعة لذلك فهي تحتاج لمدة طويلة بالتالي T_1طويل.
- أما عندما تكون جزيئات المادة متوسطة الحجم فإنها تنقل طاقتها إلى الجوار بشكل أسرع بالتالي T_1 قصير.

السوائل (الماء) تملك T1 طويل و T2 طويل.

الشحوم تملك T1 قصير و T2 قصير.

- كلما كان دوران البروتونات أسرع كلما احتاجت وقت أطول للاسترخاء، لذلك فإن T_1 أطول كلما كانت قوة الحقل المغناطيسي الخارجي أكبر (حسب معادلة لارمور).

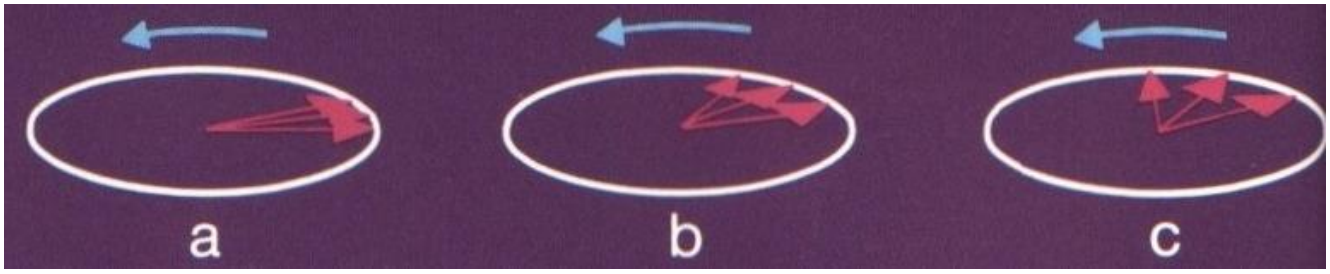
T1 OR T2 (هاااااام)

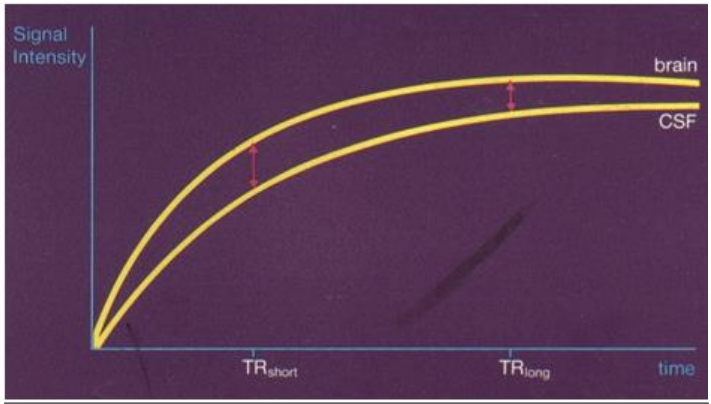
- لتحديد الزمن ننظر إلى **السائل** في البطينات والمسافة تحت العنكبوت (بين التلافيف) فإذا كانت سوداء فالزمن أول وإذا كانت رمادية فالزمن ثاني.

- T1 يدعى بالزمن التشريحي حيث تظهر المادة البيضاء بيضاء وتظهر المادة الرمادية رمادية، والعكس بالعكس في T2.
- **ملاحظة ذهبية:** لرؤية السوائل بوضوح انظر إلى T2 فوراً ☺ فهو اختصاصي سوائل تقريباً.

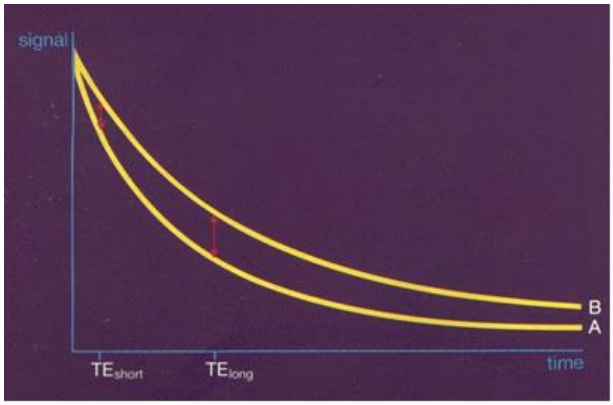
زمن TR وزمن TE

- عندما أوقف موجة RF pulse تبدأ الموجة العرضانية بالتناقص لخروج البروتونات عن الطور الواحد الذي كانت عليه.
- بعد زمن ثانٍ قدره TE/2نحصل على إشارة عرضانية ندعوها إشارة Spin echo أو Proton density (P.D).
- Time to Repeat the Pulse (**TR**) وهو الزمن المختار **لتكرار النبضة.**
- Time to echo (**TE**) هو الزمن بين موجة 90° وإشارة Spin echo.



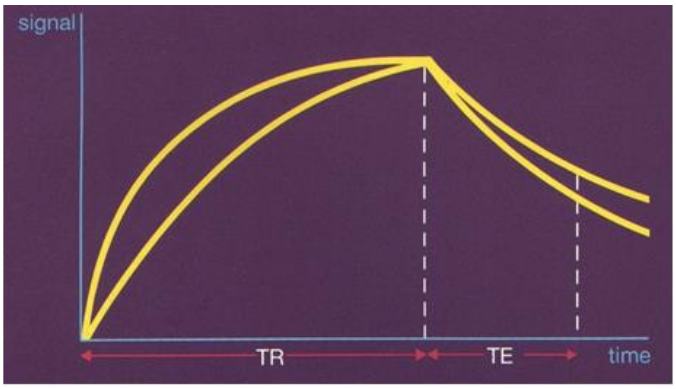


TRيجب أن يكون قصير

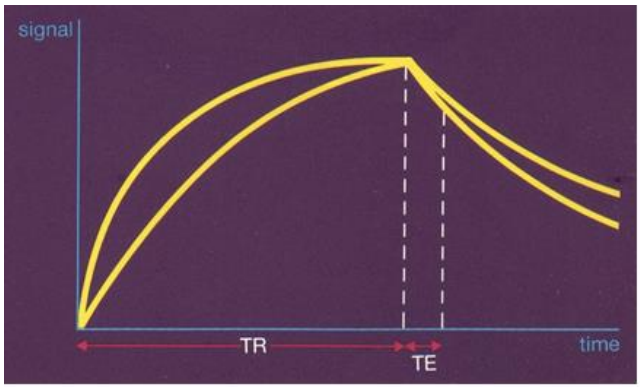


TEيجب أن يكون طويل

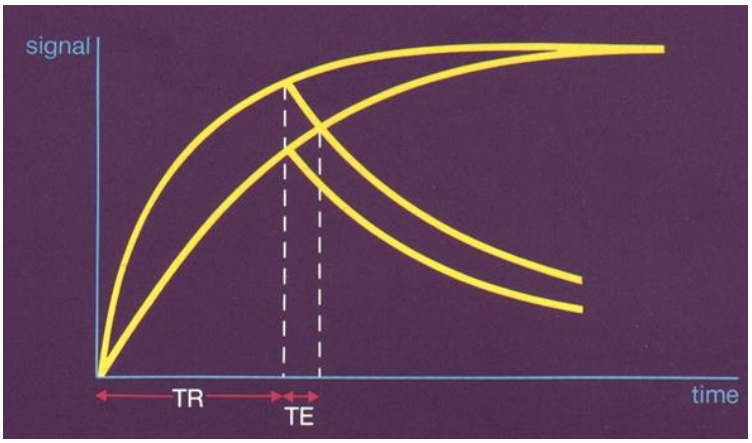
- TR أقل من 500 ميلي ثانية يعتبر قصير وأكثر من 1500 ميلي ثانية يعتبر طويل.
- TE أقل من 30 ميلي ثانية يعتبر قصير وأكثر من 80 ميلي ثانية يعتبر طويل.



TRطويل ، TEطويل >> زمن ثاني



TRطويل ، TEقصير >> زمن كثافة البروتون PD



TRقصير ، TEقصير >> زمن أول

كيف نتعرف على نوع الزمن ؟

- إن من يعمل على جهاز المرنان يمكنه أن يتحكم في جعل تسجيل الإشارة بالمحور الطولاني أي بـ (الزمن الأول)، أو بالمحور العرضاني أي بـ (الزمن الثاني)، أو بجعل الإشارة تعتمد أكثر على قياس كثافة بروتونات نوى ذرات الهيدروجين (زمن كثافة البروتون PD Proton Density).
- **ويتمكن من ذلك من خلال التحكم بـ:**

1) زمن معاودة التحريض بالموجة الراديوية TR.

2) الزمن بين التحريض وتسجيل الإشارة TE.

- إن هذين الرمزين TR وTE مسجلين على كل صورة (الأزمان بالـ مل/ثا).

	T1	T2	PD
TR	600-400	2000-1500	2000-1500
TE	30-15	100-75	30-15

- الاختلاف في الزمن الأول بين مختلف أنواع الأنسجة عائد إلى اختلاف محتواها من الماء وبالتالي البروتونات، **البروتونات في النسج المختلفة تمتلك أزمان T_1 وT_2 و PD مختلفة بسبب الاختلافات بالنسج بالمرونة والروابط الكيميائية.**
- إن الاختلاف في شكل الإشارة بين T_1 وT_2 يجعلنا نتعرف على طبيعة النسج الذي تصدر عنه (الجدول هاااااام):

	T_1	T_2
الماء	ناقص الإشارة (أسود ■)	عالي الإشارة (أبيض □)
الشحم	عالي الإشارة ++ □	عالي الإشارة + □
النزف الحديث	عالي الإشارة. □	عالي الإشارة. □
العظم الكثيف	ناقص الإشارة. ■	ناقص الإشارة. ■
الهواء	ناقص الإشارة. ■	ناقص الإشارة. ■

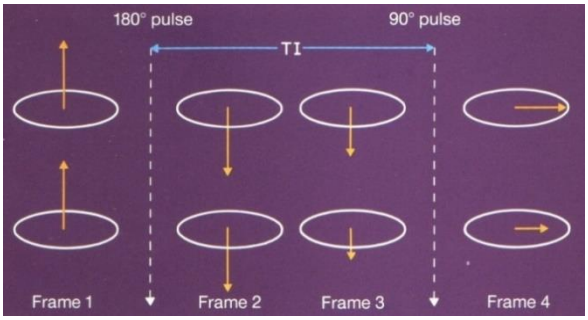
- **الأنسجة المرضية** غالباً ما يكون محتواها من الماء أعلى من الأنسجة الطبيعية المحيطة.

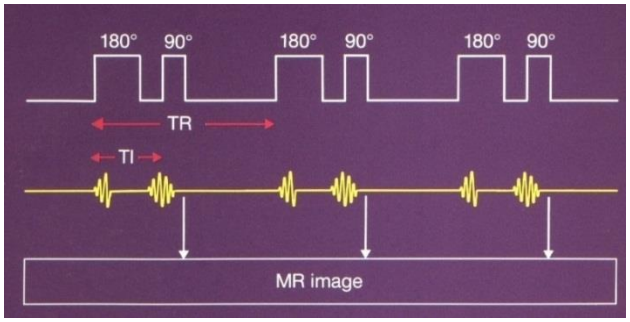
ملاحظة: العظم الكثيف ناقص الإشارة بالزمنين بسبب قلة بروتوناته لقلة الماء فيه، مثلاً: عظام الفقرات نلاحظ حوافها ناقصة الإشارة ولكن مركزها زائد الإشارة بسبب احتوائها على نقي العظم الغني بالشحم الذي يظهر زائد الإشارة.

انقلاب استعادة التسلسل Inversion Recovery Sequence

- نعطي موجة 180° وبعدها موجة 90°.

T_I = Inversion Recovery وهو الزمن بين الموجة 180° و 90°.

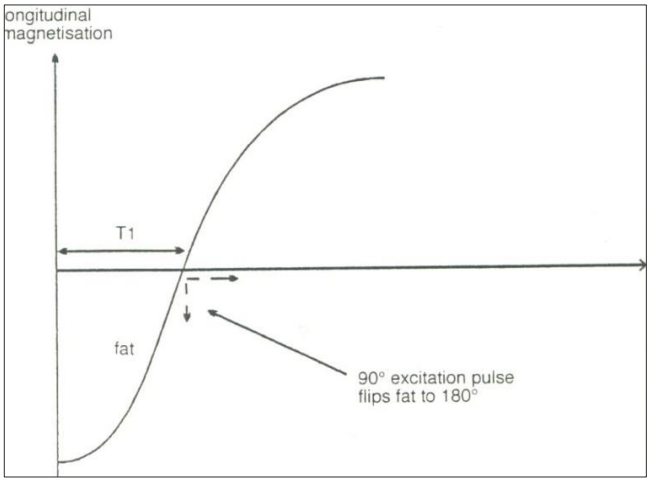




بعض أنواع Inversion Recovery هي STIR و FLAIR
ولكن لمَ صنعتها؟ هاااااااام جدا

- لأن التصوير بالمرنان يحتاج إلى أن يرقد المريض لمدة طويلة على سطح قاس لمدة ساعة أو حتى ساعة ونصف، وأحياناً نضطر إلى إيقاف حركته تماماً لدقائق، لتحدي ذلك ظهرت تقنيات أسرع مثل زمن الفلير وزمن الستير...

متوالية حذف الشحم STIR (Short T_I Inversion Recovery)[4]:



- بعد زمن T_I يساوي تقريباً 100 – 175 ميلي ثانية تكون مركبة استرخاء الشحم في المستوي الأفقي، هنا أعطي موجة 90° فتعيد مغنطة الشحم للاتجاه الشاقولي ← **يصبح الشحم عديم الإشارة على الصورة.**
- وتستخدم للكشف عن بؤر آفات المادة البيضاء الحثلية التي لا تظهر على الأزمنة العادية.
- **مثلاً:** العصب البصري خلف المقلة محاط بالشحم ففي حال وجود غليوما فلن تتضح معنا بالصورة (أبيض على أبيض) فنجري زمن حذف الشحم "الستير" .

[4] الأرقام هنا وفي الفقرة التالية غير مطلوبة على حد تعبير الدكتور

متوالية حذف الماء FLAIR (RecoveryFluid Attenuated Inversion):

- بعد زمن T_1 يساوي تقريباً 1700 – 2200 ميلي ثانية تكون مركبة استرخاء الماء في المستوي الأفقي، هنا أعطي موجة 90° فتعيد مغنطة الماء للاتجاه الشاقولي ← **يصبح الماء عديم الاشارة على الصورة.**
- تستخدم للكشف المبكر عن حالات الاحتشاء ونقص التروية في حين أن الطبقي يحتاج إلى 24-48 ساعة.

Fast Imaging Sequences

بما أن متواليات التصوير العادية تحتاج إلى بعض الوقت، لذلك تستخدم الستير والفلير، **والأسباب مرة أخرى:**

- إن عدد محدود من المرضى يمكن تصويرهم.
- من الصعب على المريض البقاء لمدة طويلة وخاصة أن جودة التصوير تنقص مع الحركة.
- هناك حركات لا يمكن السيطرة عليها كحركات التنفس وحركات القلب.

بالتلخيص خطوات الفحص بالرنين المغناطيسي MRI توصف ببساطة:

1) يتم وضع المريض في المغناطيس (الجهاز).
2) يتم إرسال موجة الراديو.
3) يتم إطفاء موجة الراديو.
4) المريض يبعث إشارة.
5) يتم تلقي الإشارة واستخدامها في إعادة بناء الصورة ☺ .

المواد الظليلة في المرنان Contrast Media:

- **مركبات نظيرة مغناطيسية** Paramagnetic Substance، تملك حولها حقلاً مغناطيسياً صغيراً يؤثر على أزمنة الاسترخاء للبروتونات المحيطة بهذه المواد.
- يحتوي الجسم في حالات سريرية معينة على مركبات نظيرة مغناطيسية **مثل:** Deoxyglobin، Methemoglobin، Molecular Oxygen.(أرشيف)

المادة الظليلة المستخدمة في صور MRI هي

الغادولينيوم غليكات :

- الغادولينيوم مركب نظير مغناطيسي، قليل التواجد في الطبيعة، وهي حصرية وحكرية لمخترعيها، وبسبب سميته فإنه يستخلب مع مادة DTPA.
- يطرح 80٪ منه عن طريق الكلية خلال الساعات الثلاثة الأولى، بينما يطرح 98٪ من المتبقي خلال الأسبوع الأول عن طريق التبول والتبرز.
- **لا يوجد مضادات استطباب للغادولينيوم** كاليود الذي يُعطى في الطبقي، ولكن يجب أخذ الحذر في حالات:

1. فقر الدم الانحلالي.
2. فقر الدم المنجلي.
3. الحمل والإرضاع.
4. اضطرابات التنفس.
5. الربو.
6. قصة تحسسية سابقة.

- المادة الظليلة (في تصوير الـ MRI) مادة آمنة حتى عند مرضى القصور الكلوي حيث أنها تنتشر عبر السائل خارج الخلوي، وهي ترتشح عبر الكبيبات الكلوية وتتركز في الأنابيب الكلوية والأقنية الجامعة.

من التأثيرات الجانبية:

- ازدياد عابر وطفيف في حديد وبيلروبين الدم.
- صداع عابر متوسط الشدة في 9.8٪ من الحالات.
- غثيان في 4.1٪ - إقياء 2٪ - وطفح في أقل من 1٪ من الحالات.

استخدامات المرنان (هاام)

بعض الأسباب لطلب التصوير بالرنين المغناطيسي هي:

- للقيام بتقييم سريع على النشبات الدماغية أو إصابة في الرأس مؤخراً.
- تقييم الاستجابة لعلاج السرطان، فالمرنان ممتاز في النسج الرخوة وامتدادها.
- تشخيص أمراض الدماغ التنكسية (آفات المادة البيضاء الحثلية كالتصلب اللويحي): الطبقي لا يراها.
- لتجنب مخاطر تصوير الشرايين التقليدي، تنظير المفاصل، وخزعة الدماغ.
- التخطيط لعملية جراحية في الدماغ وخاصة في الأورام.

ملاحظة : في حال الحوادث الوعائية الدماغية فإن أول ما نقوم به هو الطبقي المحوري وذلك لنفي النزف.

في حال نفي النزف فإن الاحتشاء لا يظهر على الطبقي إلا بعد 24 ساعة فمن الممكن استخدام المرنان لتحديد منطقة الاحتشاء.

بعض الأمثلة من المتخصصين وتعزيز MRI هي: (أرشيف)

- التصوير بالرنين المغناطيسي السريع **Fast MRI لأجل صورة أسرع وأوضح.**
- التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي **Functional MRI لقياس التغيرات الاستقلابية الصغيرة والسريعة في الدماغ** بينما المرضى يؤدون مهام معينة.
- التصوير بتقنية الانتشار **Diffusion-weighted للمقارنة بين المساحات داخل وخارج الخلية**، مما يعطي مؤشرًا على نقص التروية والانسداد، وهذه التقنية تغني عن الحقن.
- وضع مزدوج يجمع بين التصوير بـ MRI مع PET أو SPECT.
- **MRI المفتوح للقضاء على التعرض للخوضاء والخوف من الأماكن المغلقة**،وللمرضى البدناء.

قائمة الترشيح للرنين المغنطيسي MRI Candidacy Checklist (أرشيف)

- عدد قليل من المرضى هم وحدهم المؤهلون للتصوير بالرنين المغناطيسي عوضاً عن CT **للأسباب التالية:**

- وجود المعادن التي تحتوي على الحديد كالتعويضات ومواد الاستجدال والدسامات الصنعية هو مضاد استطباب، المغناطيس في الجهاز قد يحرك القطع المعدنية ويسبب إصابات، لذلك حديثاً تستخدم مواد غير قابلة للمغنطة في صنع هذه الأدوات.
- قد يكون المرضى خائفين أو غير قادرين على التعاون أثناء الفحص (تذكر مجدداً الفحص يأخذ ساعة لساعة ونصف ويتطلب الاستلقاء على سطح صلب في مكان محفز للخوف من الأماكن المغلقة claustrophobia-activating) ومن المتوقع أن يظل المرضى بلا حراك لمدة تصل إلى عشرة دقائق في كل مرة.
- بعض المرضى **الذين لديهم مضاد استطباب للغادولينيوم**، كأي رد فعل سابق تحسسي منه، وبعض حالات فقر الدم، أو مرض ويلسون.
- الفحص غير مناسب أو محذور منه في الحمل، **إنّ الحمل ليس مضاد استطباب** لكن يبقى هناك بعض من التساؤل والحذر.

✈ مضادات الاستطبابات الصريحة Contraindicated هاام

- ناظم خطا للقلب Pacemaker.
- أجهزة مراقبة القلب Cardiac monitor equipment.
- أم دم دماغية معالجة بغرز معدنية معدني Cerebral aneurysm clip.
- مضخة، قسطرة، بورت Pump, catheter, port.
- لولب Intrauterine device.
- زراعة حلزون Cochlear implant.
- بدائل المفاصل المعدنية Metal joint replacement.
- دبوس الكسر (استجدال) Fracture pin.
- لصاقات (باتشات) الأدوية Medication patch.
- سماعات الأذن Hearing aid.
- العين المعدنية ومحجر العين المعدني Eye or eye socket metal.
- أسياخ تثبيت العمود الفقري Spine stabilization rod.

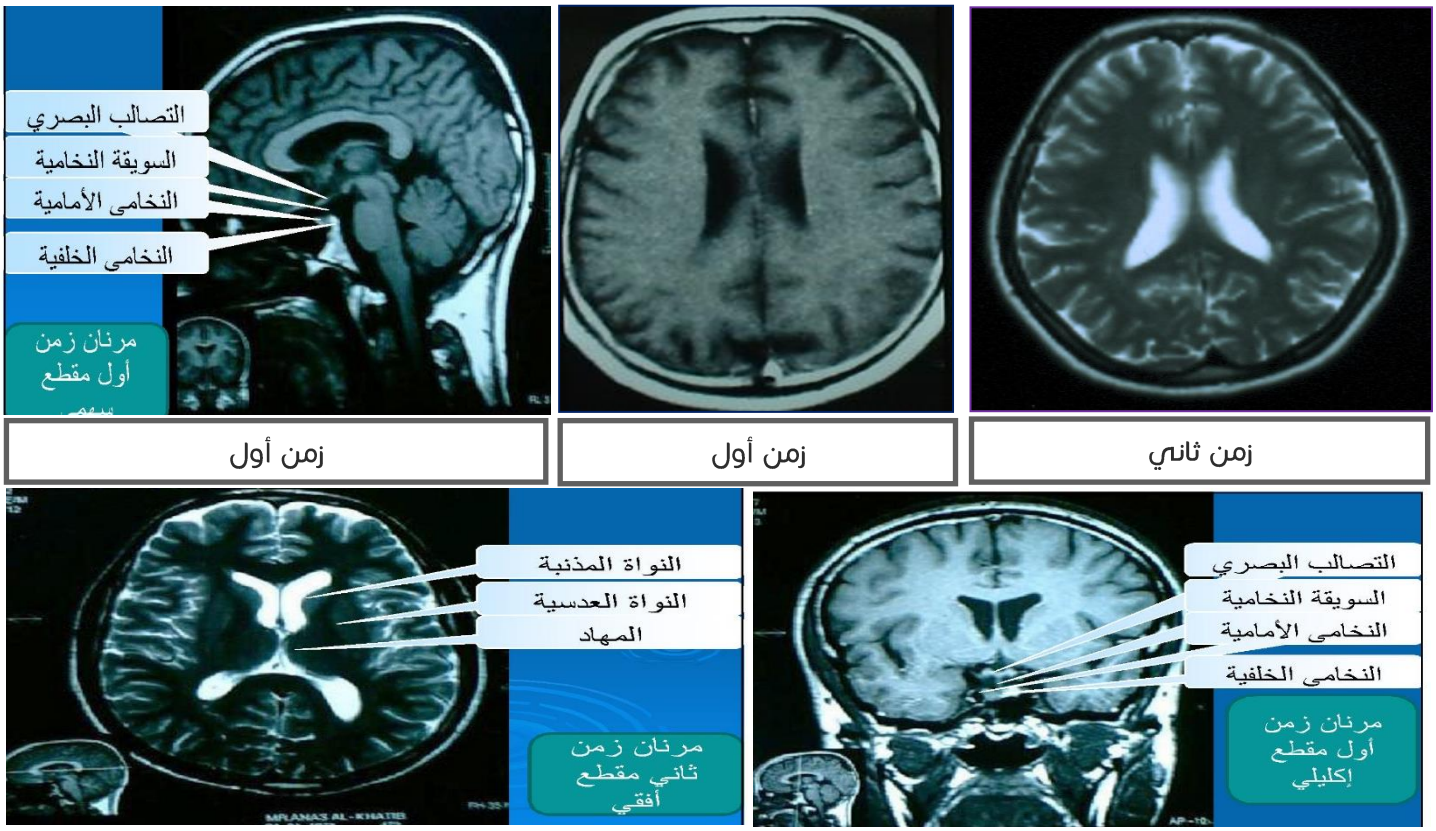
✈ مضادات الاستطباب النسبية غير متفق عليها Questionable (هاام)

- الوشوم Tattoos.
- الكحل المعدني Metallic eyeliner.
- رصاصة أو شظية في الجسم Bullet or shrapnel in body.
- حشوات الأسنان، تقويم الأسنان، أسنان صنعية Dental fillings, braces, dentures.
- الحمل Pregnancy.
- رهاب الأماكن المغلقة Claustrophobia.(نستخدم الأدوية المهدئة والمركنة)
- الحساسية الدوائية Drug allergies.
- قصة لجراحة في الرأس History of head surgery.
- في هذه الحالات من خلال الموازنة بين الفوائد المرجوة من التصوير والأضرار التي من الممكن أن تحصل نقرر استخدام المرنان من عدمه.

كخلاصة نهائية نقول: وجود أ ي جسم أجنبي معدني وقابل للتحرك هو مضاد استطباب مطلق .. يستثنى من ذلك (الكحل والرصاصة والأسنان الصنعية) فهي مضاد استطباب نسبي.

المرنان

الصورة التالية للمرنان المغلق، تذكير بالأزمنة الارشيف



كيف يتم إجراء التصوير:

يتميز المرنان بقدرته على أخذ صور **بكل الاتجاهات دون تغيير وضيعة المريض**، فيمكن أن يجرى التصوير كما يريده الطبيب في أي زمن وفي أي اتجاه، لكن عادة هناك دراسة روتينية:

مرنان للدماغ دون حقن

ويتضمن عادة ❶ مقاطع سهمية T1 ❷ ومقاطع أفقية T2 وفي زمن كثافة البروتون PD (مشابه للزمن الثاني لم يعد يستخدم) ❸ ومقاطع إكليلية بتكنيك FLAIR

مرنان للدماغ دون ومع حقن الغادولينيوم.

ويتضمن ❶ مقاطع بالزمن الأول بالاتجاهات الثلاثة (أفقي - سهمي - إكليلي) قبل وبعد حقن الغادولينيوم؛ هذا إضافة لـ ❷ مقاطع أفقية بالزمن الثاني T2

النخامى

في الطبقي المحوري تفرض أن يكون المريض بالوضع الإكليلي (فرط بسط العنق) مع الحقن، أما مرنان النخامى فأسهل:

a) **بدون حقن الغادولينيوم** وهي مقاطع رقيقة في T1 بالاتجاهات الثلاثة و T2 إكليلية .

b) **مع الحقن الديناميكي للغادولينيوم** و يقصد به الحقن السريع للغادولينيوم وريدياً في أثناء التصوير، وبالتالي تؤخذ نفس المقاطع الإكليلية نفسها و بالزمن الأول قبل الحقن و تعاد بعد الحقن بشكل متسلسل (على سبيل المثال بعد دقيقة ثم بعد دقيقتين ثم بعد 3 أو 4 د...) وذلك لمعرفة نموذج تعزيز المادة الظليلة في النخامة وتمييز الورم الغدي الدقيق.

مرنان الأوعية الدماغية MRA، مرنان للجيوب الوريدية

مرنان للعمود الفقري مع أو دون حقن.

في المرنان (هاااام وسؤال فحص)

- دائما المرنان يمثل **إشارة** حيث نقول عن أي منطقة أنها:
  - ناقصة الإشارة إذا كانت أميل للون الأسود.
  - عالية الإشارة إذا كانت أميل للون الأبيض.

	T_1	T_2
الماء	أسود	أبيض
العظم الكثيف	أسود	أسود
الهواء	أسود	أسود
الجريان الدموي	أسود	أسود
الشحم	أبيض	رمادي

الإشارات الرئيسية في الجملة العصبية المركزية

- الشحوم ← T1 ↑ و T2 (وأعلى قليلاً T1).
- العظام ← السمحاق T1 ↓ و T2 .. النقي شحمي قليلاً ← نسبياً T1 ↑ و T2.
- إشارة الجريان الوعائي ← معدومة في جميع الأزمنة.
- السائل ← T1 ↓ .. T2 ↑ .. فلير ↓ .. متوسط PD .

- إشارة النزف ← تختلف بحسب تطور الخلايا النازفة .
- إشارة الأورام ← نسبياً T2 ↑ ± T1 .
- إشارة الوذمة ← T2 ↑ و PD وفلير ... T1 ↓.

ملاحظة عملية: إذا كان السائل عالي الكثافة فالصورة زمن ثاني حتماً.

استعمالات المرنان في تصوير البطن محدودة جداً وهي تقريباً تنحصر في تصوير الكظر واستقصاء الخصية الهاجرة وسرطان باطن الرحم.

نظرة بانورامية

← المبدأ الفيزيائي للرنين المغناطيسي: (صفوة القول بطريقة بسيطة☺)

- كل ذرة هيدروجين في جسمنا هي حقل مغناطيسي ناتج عن حركة البروتون على مداره، وبالحالة الطبيعية تكون محصلة هذه الحقول معدومة.
- في المرنان نأتي بحقل مغناطيسي خارجي فتنقسم جزيئات الهيدروجين إلى: **جزيئات تصطف موازية** للحقل (وهي الأكبر لنفرض أنها مليون واربعة) **وجزيئات تصطف معاكسة** له (وهي الأقل لنفرض أنها مليون)، ما ندرسه في الرنين هو الفارق بينهما (أي البروتونات الأربع).
- كل عضو بالجسم يحوي هيدروجين له محور مغنطة خاص به، بينما العظم والهواء في الرئتين ليس لهما محور مغنطة خاص بهما فهما لايحويان الهيدروجين.

← **مبدأ التجاوب المغناطيسي:** حتى تنعكس المحصلة المغناطيسية الشاقولية إلى المستوى الأفقي تستخدم موجة راديوية تدعى (RF pulse)، وهي موجة راديوية كهرومغناطيسية لها مجال تواتر موافق لتلك الموجات المستقبلة من الراديو ويمكنها نقل طاقة للبروتونات بشرط أن يكون لهما نفس التواتر .

الخلاصة: التجاوب هو نقل الطاقة بين تركيبين يمتلكان نفس التردد.

- بما أن تواتر الموجة الراديوية مطابق لتواتر Larmor (الذي هو تواتر دوران البروتونات) سؤال دورة تؤدي الطاقة التي تمنحها الموجة للبروتونات إلى دورانها من المحور الشاقولي إلى المحور الأفقي، وإذا زال تأثير الموجة الراديوية وعاد البروتون إلى حالة الاستقرار ردَّ تلك الطاقة على شكل حرارة وعلى شكل إشارة كهربائية (ناتجة عن عودة البروتون لحالة التوازن) هي التي نقوم باستقبالها وتسجيلها (رقص البروتونات).

- العودة إلى حالة التوازن تسبب ظهور المركبة الطولانية وتراجع المركبة العرضانية. سؤال دورة

خطوات الفحص بالرنين المغناطيسي MRI توصف ببساطة:

1. يتم وضع المريض في المغناطيس (الجهاز).
2. يتم إرسال موجة الراديو.

3. يتم إطفاء موجة الراديو.
4. المريض يبعث إشارة.
5. يتم تلقي الإشارة واستخدامها في إعادة بناء الصورة

الزمن الأول T1، الزمن الثاني T2

الزمن اللازم لتعود المغنطة الشاقولية للظهور وتختفي المغنطة العرضانية الجديدةهو حقيقة T_1، T_2على التوالي.

T_1	T_2
هو الزمن الذي تستعاد فيه 63٪ تقريباً من المغنطة الشاقولية	هو الزمن الذي تنقص فيه 37٪ من المغنطة العرضانية
T1 هو دائماً أكبر (حسب سرعة حركة البروتونات فكلما كانت أسرع احتاجت وقت أطول لتتخلى عن طاقتها).	أقصر
يدعى بالزمن التشريحي حيث تظهر المادة البيضاء بيضاء وتظهر المادة الرمادية رمادية،	تظهران بالعكس تماماً. مايميزه أن **السوائل** تظهر عليه بلون **أبيض**.

هاااااام جداً	T_1	T_2
الماء	ناقص الإشارة (أسود). ■	عالي الإشارة (أبيض). □
الشحم	عالي الإشارة + + □	عالي الإشارة + □
النزف الحديث	عالي الإشارة. □	عالي الإشارة. □
العظم الكثيف	ناقص الإشارة. ■	ناقص الإشارة. ■
الهواء	ناقص الإشارة. ■	ناقص الإشارة. ■

- الأنسجة المرضية غالباً ما يكون محتواها من الماء أعلى من الأنسجة الطبيعية المحيطة.

Fast Imaging Sequences

- بما أن متواليات التصوير العادية تحتاج إلى بعض الوقت، لذلك تستخدم الستير والفلير، والأسباب هي:
  - إن عدد محدود من المرضى يمكن تصويرهم.
  - من الصعب على المريض البقاء لمدة طويلة وخاصة أن جودة التصوير تنقص مع الحركة.
  - هناك حركات لا يمكن السيطرة عليها كحركات التنفس وحركات القلب

STIR	FLAIR
متوالية حذف الشحم.	متوالية حذف الماء.
وتستخدم للكشف عن بؤر آفات المادة البيضاء الحثلية	للكشف المبكر عن حالات الاحتشاء ونقص التروية

المواد الظليلة في المرنان Contrast Media:

- يحتوي الجسم في حالات سريرية معينة على مركبات نظيرة مغناطيسية مثل: Deoxyglobin، Methemoglobin، Molecular Oxygen.

الغادولينيوم غليكات

- يطرح 80٪ منه عن طريق الكلية خلال الساعات الثلاثة الأولى، بينما يطرح 98٪ من المتبقي خلال الأسبوع الأول عن طريق التبول والتبرز.
- لا يوجد مضادات استطباب للغادولينيوم كاليود الذي يعطى في الطبقي، ولكن يجب أخذ الحذر في حالات:

7. فقر الدم الانحلالي.
8. فقر الدم المنجلي.
9. الحمل والإرضاع.
10. اضطرابات التنفس.
11. الربو.
12. قصة تحسسية سابقة.

من التأثيرات الجانبية:

- ازدياد عابر وطفيف في حديد وبيلروبين الدم.
- صداع عابر متوسط الشدة .
- غثيان - إقياء - وطفح.

استخدامات المرنان

- للقيام بتقييم سريع على النشبات الدماغية أو إصابة في الرأس مؤخراً.
- تقييم الاستجابة لعلاج السرطان: فالمرنان ممتاز في النسج الرخوة وامتدادها.
- تشخيص أمراض الدماغ التنكسية (آفات المادة البيضاء الحثلية كالتصلب اللويحي): الطبقي لا يراها.
- لتجنب مخاطر تصوير الشرايين التقليدي، تنظير المفاصل، وخزعة الدماغ.
- التخطيط لعملية جراحية في الدماغ وخاصة في الأورام.

استعمالات المرنان في تصوير البطن محدودة جداً وهي تقريباً تنحصر في تصوير الكظر واستقصاء الخصية الهاجرة وسرطان باطن الرحم.

مضادات الاستطبابات الصريحة	مضادات الاستطباب النسبية
▪ ناظم خطا للقلب,أجهزة مراقبة القلب . ▪ أم دم دماغية معالجة بغرز معدنية معدني . ▪ مضخة، قسطرة، بورت,لولب. ▪ زراعة حلزون,سماعات الأذن. ▪ بدائل المفاصل المعدنية,دبوس الكسر (استجدال), أسياخ تثبيت العمودالفقري ▪ لصاقات (باتشات) الأدوية. ▪ العين المعدنية ومحجر العين المعدني.	▪ الوشوم ▪ الكحل المعدني ▪ رصاصة أو شظية في الجسم ▪ حشوات الأسنان، تقويم الأسنان، أسنان صنعية ▪ الحمل ▪ رهاب الأماكن المغلقة ▪ الحساسية الدوائية ▪ قصة لجراحة في الرأس

نماذج امتحانية

1. في جهاز الرنين المغناطيسي (عبارة واحدة خاطئة): A. الزمن الأول هو الذي تعود فيه محور المغنطة الشاقولية للظهور. B. الزمن الثاني هو زمن تراجع المركبة العرضانية. C. الماء ناقص الإشارة بالزمن الأول. D. النزف ناقص الإشارة بالزمن الأول عالي الإشارة بالزمن الثاني.	**2. مضادات الاستطباب النسبية للتصوير بالرنين المغناطيسي (إجابة واحدة صحيحة):** A. رهاب الأماكن الضيقة. B. وجود دسام قلبي صنعي معدني. C. غرز معدنية بالمقلة. D. غرز معدنية وعائية دماغية.	**3. تكنيك الـ stir بالمرنان هو (إجابة صحيحة) هو:** A. تكنيك حذف الماء. B. تكنيك حذف الشحم. C. تكنيك التصوير الوعائي ثلاثي الأبعاد. D. تكنيك تصوير الطرق الصفراوية ثلاثي الأبعاد.
4. تكنيك flair بالمرنان يفيد في (إجابة واحدة خاطئة): A. تكنيك يتم فيه حذف الماء. B. وزيادة تباين المحاور المغطاة بالنخاعين. C. يفيد في تمييز الكتل الشحمية عن الوعائية. D. يفيد في دراسة المادة البيضاء.	**5. مضادات الاستطباب المطلقة للتصوير بالمرنان:** A. وجود ناظم خطى القلب B. وجود تعويضات معدنية متحركة C. دسام قلبي بإطار معدنية متحركة D. خوف الأماكن الضيقة	**6. يفضل المرنان على التصوير الطبقي المحوري في الحالات التالية:** A. في بعض حالات أورام الكظر B. في حال التحسس للمواد الظليلة C. في وضع المرحلة لورم الخلية الكلوية D. عند المرضى الذين يعانون رهاب المناطق الضيقة
7. MRI: A. الرنين هو تبادل الطاقة بين شيئين يملكان نفس السرعة. B. نبض RF تؤثر على البروتونات ويتبادل الطاقة معها. C. البروتونات تنتظم بشكل متوازي وباتجاه واحد عند وضعها في مجال مغناطيسي. D. سرعة الحركة تقاس ضمن ظاهرة Larmor	**8. MRI:** A. الأنسجة المرضية عادة تحوي كمية من الماء أقل من الأنسجة المحيطة الطبيعية. B. في T1 تبدو المادة البيضاء بيضاء والسائل الدماغي الشوكي أسوداً. C. (Fluid- attenuated inversion recovery) FLAIR يحذف إشارةالماء. D. يتيح المرنان عن الطبقي MRS الاستقصاء عن التغيرات الكيميائية.	**الحل :** 1. D × 2. A ✓ 3. B ✓ 4. D × 5. D × 6. D × 7. B ✓ 8. A ×

الأصعب من تحقيق الهدف هو **تحديده**،

والأصعب من السير على الطريق بخطىً ثابتة هو **التيقن من الطريق**.