

الفيزياء الشعاعية 2

د. موريس عساف 2

2019/9/24

RB Medicine

أشعة 1 | Radiology

السلام عليكم

رحلتنا معكم مستمرة أصدقائي ☺

قد تجدون المحاضرة جافة وصعبة الفهم، حاولنا قدر الإمكان تبسيط الأمور ولكنّه موضوع معقد بطبعه، والجيد في الأمر أن الدكتور لم يدقق على التفاصيل كثيراً واكتفى بالخطوط الرئيسية والهامة ☺

سنشير للفقرات الهامة امتحانياً لتركزوا عليها، نصيحة أخوية (اقرأوا النظرة البانورامية خصوصاً في هذه المحاضرة).....نبدأ بسم الله ☺

فهرس المحتويات

الصفحة	الفقرة
2	المبدأ الفيزيائي للزمن المعنطيسي
7	الزمن الأول T1 والزمن الثاني T2
12	المادة الظليلة المستخدمة في صورة MRI
13	استخدامات المرنان
15	المرنان وكيفية التصوير
18	الخلاصة

المبدأ الفيزيائي للرنين المغناطيسي Physics of Magnetic Resonance Imaging

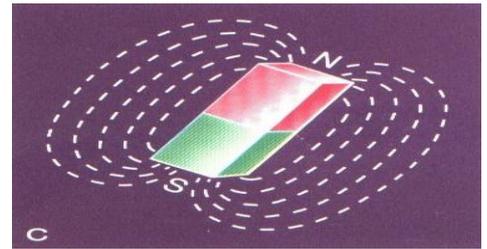
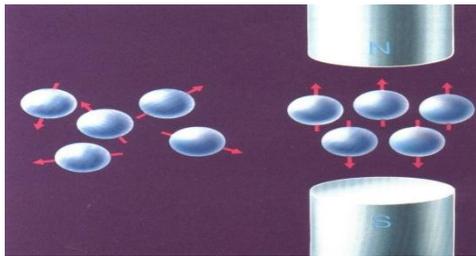
يأتي اختصار MRI من الأحرف الأولى لكلمات **Magnetic Resonance Imaging** والتي تعني التصوير بالرنين المغناطيسي، والتي تعتمد بدورها على ذرة الهيدروجين.

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 يخلق 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 بالبروتين تهتز ضمنه جزيئات الهيدروجين وفق ترددية معينة فتصدر طاقة حركية تترجم إلى صورة.

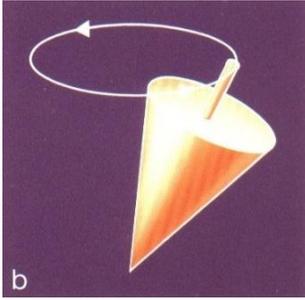
عمل الحقل المغناطيسي

- تدور بروتونات ذرات الهيدروجين في الحالة الطبيعية (في جسم الإنسان) بشكل فوضوي بحيث تكون مدحلة هذه العزوم المغناطيسية الصغيرة الناتجة عن دورانها معدومة (محصلة مغنطة جسم الإنسان معدومة).
- لكن عندما نضع البروتونات في حقل مغناطيسي خارجي قوي فإنها تصطف إما بشكل مواز 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 مواز للحقل المغناطيسي أكثر من عدد البروتونات المصطفة بشكل معاكس له¹.
- لوحظ أنه كلما قمنا بزيادة شدة الحقل المغناطيسي الخارجي كلما ازداد هذا الفرق بين البروتونات مما أدى إلى زيادة في وضوح الصورة.



¹ فعلى سبيل المثال لو كانت البروتونات المعاكسة مليون بروتون فستكون الموافقة حوالي مليون وأربعة فالفارق صغير جداً، وما ندرسه في الرنين هو هذه الأربعة بروتونات.

الدورة أو المدارة Precession



يدور البروتون حول محور خاص به، ولكنه يدور كذلك حول مجال محدد، وهذا الدوران يسمى (العزم Precession) دورة أو مدارة وهو مصطلح فيزيائي.

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

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

نستنتج أن 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 الدورة Precession Frequency يمثل عدد الدورات التي يدورها البروتون في الثانية، ويحسب من معادلة لارمور²:

- $W_0 = \gamma B_0$
- W_0 (Hz, MHz) وتمثل Precession Frequency.
- γ (MHz / T) عدد يمثل معادل مغناطيسي جيروسكوبي، يختلف من عنصر لآخر.
- B_0 (تسلا T) قوة الحقل المغناطيسي الخارجي.
- W_0 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 الطولية Longitudinal magnetization لا يمكن قياسها بشكل مباشر وبالتالي فالمغنطة العرضية ضرورية transversal magnetization.

2 غير مطلوبة للحفظ بل فقط لاستكمال المعلومة

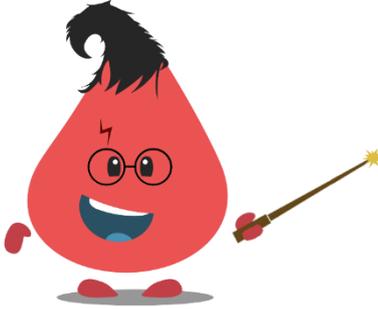
الرنين (التجاوب المغناطيسي)



للتأثير على المركبة الطولانية (المغطة الطولانية) للبروتون وتغيير اتجاهها نستخدم نبضة راديوية RF plus، وحتى يحدث هذا التأثير يجب أن يكون تواتر frequency النبضة مماثل لتواتر البروتون³.

ملاحظة

فقط RF pulse الموافقة في التواتر لتواتر البروتونات يمكنها إعطاء طاقة للبروتونات.



هذه الظاهرة تدعى الرنين (توافق التواتر) Resonance.

أمثلة على مبدأ التجاوب:



- المثال الأكثر انتشاراً هو منع فرقة الجيش من المشي بالنظام المنضم على الجسر المعلق خوفاً من نقل الطاقة من خط العساكر المنتظمة إلى الجسر الذي يمكن أن يتهدم، 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 تدرج 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 بانهار 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.

³مثل سرفيسيين بدن يصرقوا من بعض فلازم يمشوا مع بعض بنفس السرعة.

الخلاصة حول الرنين أو التجاوب:

التجاوب هو نقل الطاقة بين تركيبين يمتلكان نفس التردد.



■ (التركيبان هما:

← بروتون نواة ذرة الهيدروجين.

← وشائع كهربائية نسميها (أنتينات 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 طاقة⁴ 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.

نتائج ظاهرة الرنين هاهنا

← 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).

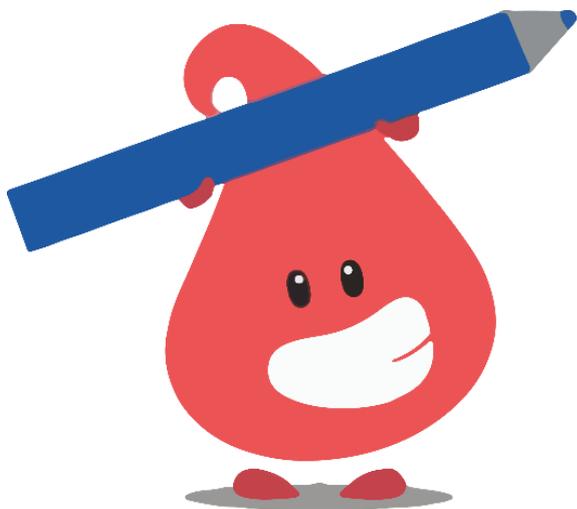
← فإذا زال تأثير الموجة الراديوية وعاد البروتون إلى حالة الاستقرار ردّ تلك الطاقة على شكل حرارة وعلى شكل إشارة كهربائية (ناتجة عن عودة البروتون لحالة التوازن) هي التي نقوم باستقبالها وتسجيلها.

← يحصل تجاوب بين الموجة الراديوية وتواتر Larmor وهذا التجاوب يسمى (رقص البروتونات).

← الإشارة الناتجة لها مركبتان: مركبة طولية ومركبة عرضية.

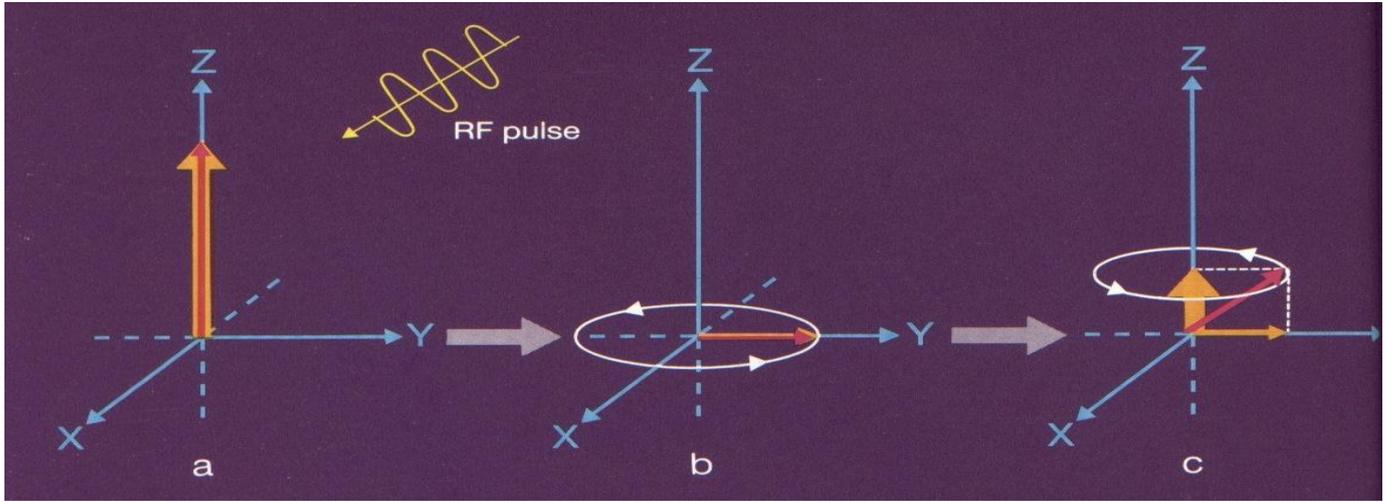
← لكل نسيج من النسيج في جسم الإنسان إشارة خاصة به (إشارة للمادة البيضاء والرمادية والعظم... إلخ) وذلك حسب محتواه من البروتونات في ذرات الهيدروجين.

← العودة إلى حالة التوازن تسبب ظهور المركبة الطولانية وتراجع المركبة العرضانية.



⁴ أي المعاكس لاتجاه الحقل المغناطيسي.

إذا راقبت هذه القوة المغناطيسية عن بعد تجد أنها تقترب منك ثم تبتعد عنك، فهي في حركة دائمة وهذا يُولد تيار كهربائي يمكن استقباله بلاقطات (an antenna)، وهذه حقيقة إشارة الرنين.



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 الأبرع 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 وتلقى 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.
- بالتالي فكرة الرنين هي نقل الطاقة بين تركيبين يتحركان بنفس التواتر.

الزمن الأول T1، الزمن الثاني T2 (هااا)

❖ 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 T1، T2 على التوالي، ولقد أُصطلح على أن:

← T1 هو الزمن الذي تستعاد فيه 63٪ تقريباً من المغنطة الشاقولية.

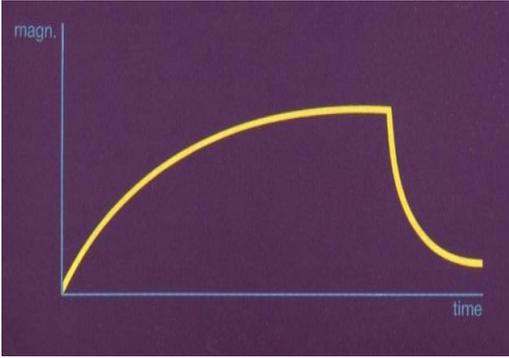
← T2 هو الزمن الذي تنقص فيه 37٪ من المغنطة العرضانية.

❖ 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 T1 طويل.

❖ أما عندما تكون جزيئات المادة متوسطة الحجم فإنها تنقل طاقتها إلى الجوار بشكل أسرع بالتالي T1 قصير.

فكرة

لتحديد الزمن ننظر إلى السائل في البطينات والمسافة تحت العنكبوت (بين التلافيف) فإذا كانت سوداء في الزمن الأول \ وإذا كانت بيضاء في الزمن الثاني

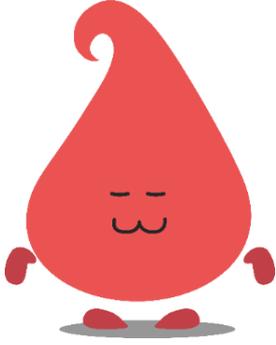
السوائل (الماء) تملك T1 طويل و T2 طويل.

الشحوم تملك T1 قصير و T2 قصير.

❖ كلما كان دوران البروتونات أسرع كلما احتاجت وقت أطول للاسترخاء، لذلك فإن T1 أطول كلما كانت قوة الحقل المغناطيسي الخارجي أكبر (حسب معادلة لارمور).



T1 يدعى بالزمن التشرهحي حيث تظهر المادة البيضاء وظهر المادة الرمادية رمادية،
والعكس بالعكس في **T2**.

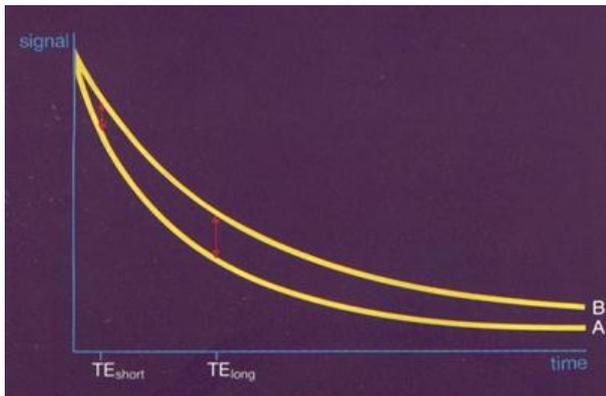
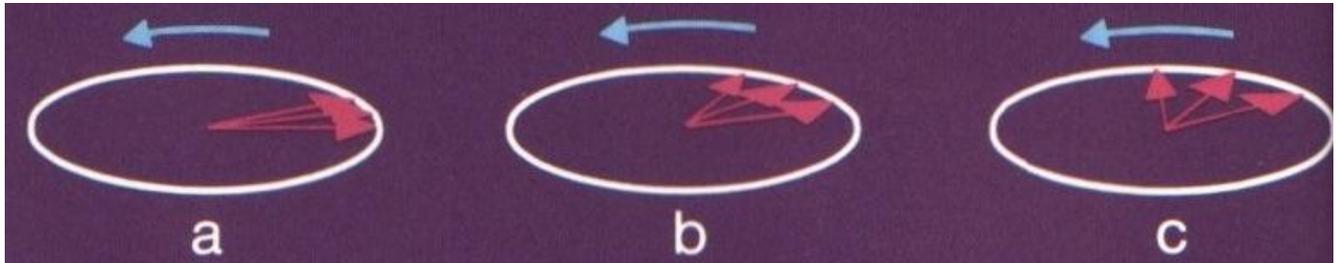


ملاحظة مهمة

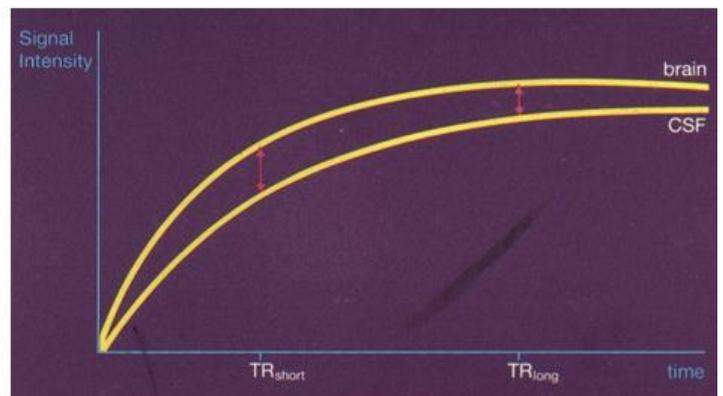
لرؤية السوائل بوضوح انظر إلى T2 فوراً 😊
فهو اختصاصي سوائل تقريباً.

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/2 نحصل على إشارة عرضانية ندعوها إشارة Spin echo أو Proton density (P.D).
- (TR) Time to Repeat the Pulse وهو الزمن المختار لتكرار النبضة.
- (TE) Time to echo هو الزمن بين موجة 90° وإشارة Spin echo.

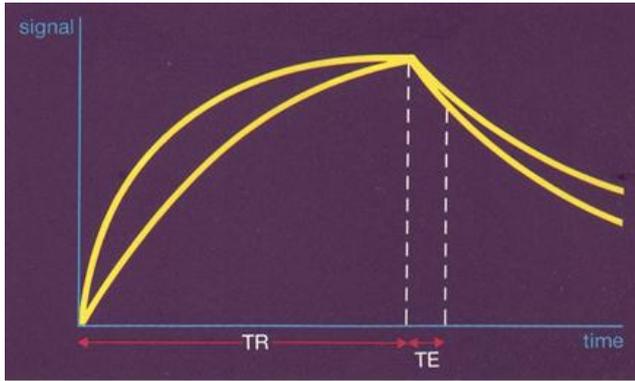


TE يجب أن يكون طويل

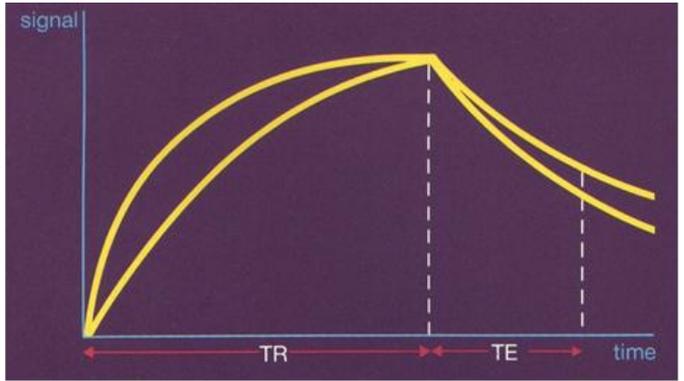


TR يجب أن يكون قصير

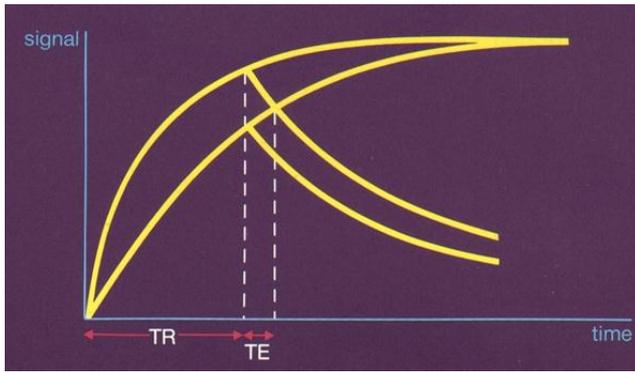
- TE أقل من 500 ميلي ثانية يعتبر قصير وأكثر من 1500 ميلي ثانية يعتبر طويل.
- TE أقل من 30 ميلي ثانية يعتبر قصير وأكثر من 80 ميلي ثانية يعتبر طويل.



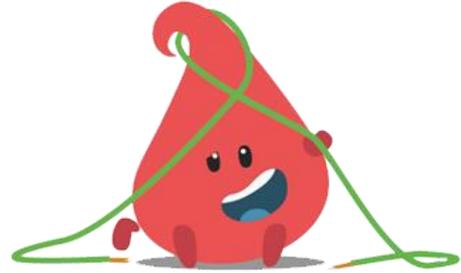
TR طويل ، TE قصير << زمن كثافة البروتون PD



TR طويل ، TE طويل << زمن ثاني



TR قصير ، TE قصير << 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 و TE مسجلين على كل صورة (الأزمان بالـ مل/ثا).

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

■ الاختلاف في الزمن الأول بين مختلف أنواع الأنسجة عائد إلى اختلاف محتواها من الماء وبالتالي البروتونات، البروتونات في النسيج المختلفة تمتلك أزمان T1 و T2 و PD مختلفة بسبب الاختلافات بالنسج بالمرونة والروابط الكيميائية.

■ إن الاختلاف في شكل الإشارة بين T1 و T2 يجعلنا نتعرف على طبيعة النسيج الذي تصدر عنه. (الجدول هاهنا)

T ₂	T ₁	
عالي الإشارة (أبيض □)	ناقص الإشارة (أسود ■)	الماء
عالي الإشارة + □	عالي الإشارة ++ □	الشحم
عالي الإشارة □	عالي الإشارة □	النزف الحديث
ناقص الإشارة ■	ناقص الإشارة ■	العظم الكثيف
ناقص الإشارة ■	ناقص الإشارة ■	الهواء

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

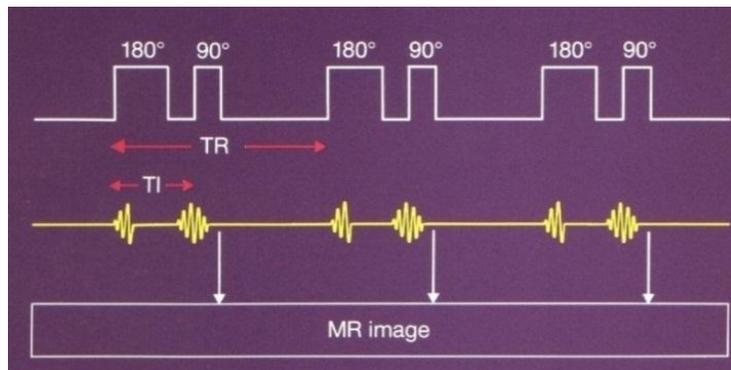
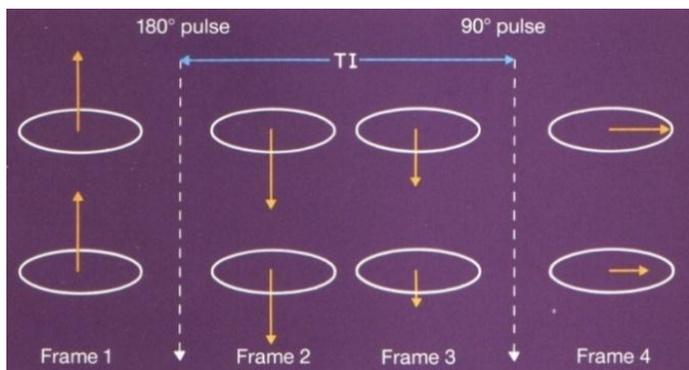
مثال
عظام الفقرات تلاحظ حوافها ناقصة الإشارة ولكن مركزها زائد الإشارة بسبب احتوائها على نقي العظم الغني بالشحم الذي يظهر زائد الإشارة.

ملاحظة
العظم الكثيف ناقص الإشارة بالزمنين بسبب قلة بروتوناته لقلة الماء فيه،

انقلاب استعادة التسلسل Inversion Recovery Sequence

❖ نعطي موجة 180 وبعدها موجة 90.

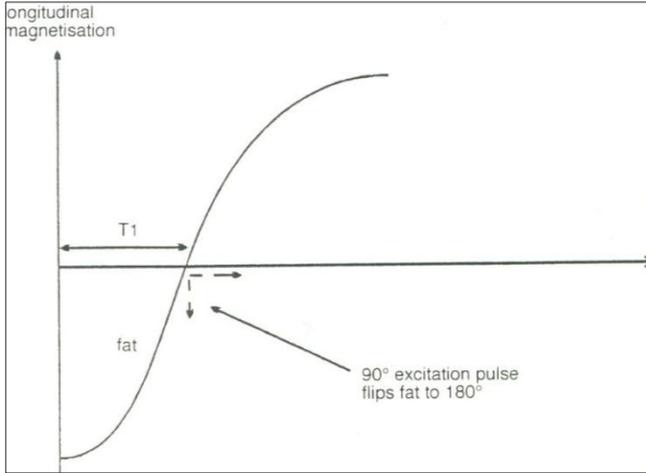
Inversion Recovery = TI وهو الزمن بين الموجة 180 و 90.



بعض أنواع Inversion Recovery هي FLAIR و STIR ولكن لم صنعنها؟ هاهنا جداً



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 الفليير وزمن الستير...

متوالية حذف الشحم STIR (Short T₁ Inversion Recovery):⁵

✓ بعد زمن T₁ 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".

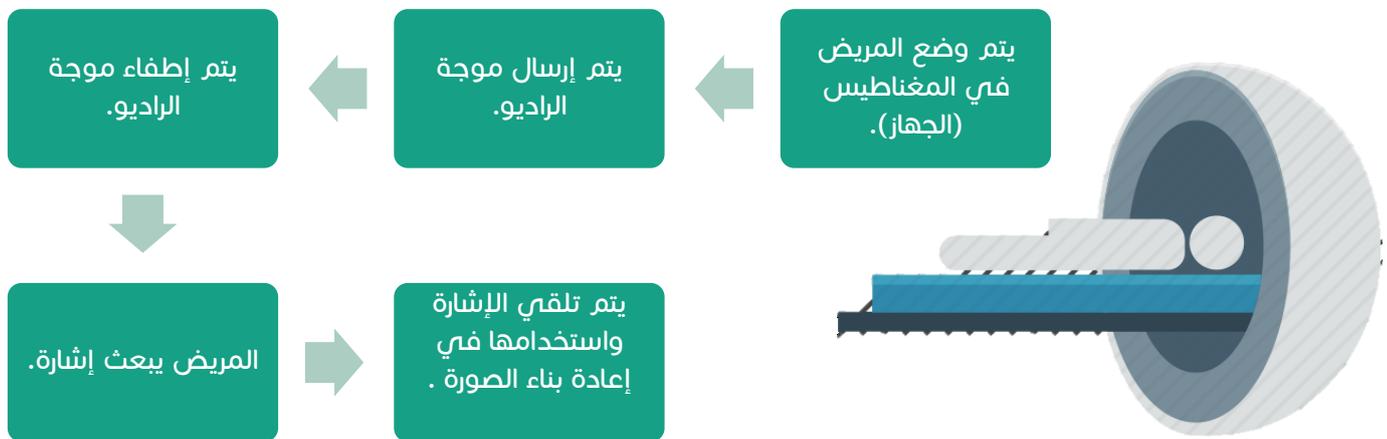
متوالية حذف الماء FLAIR (Recovery Fluid Attenuated Inversion):

- بعد زمن T₁ 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 الإشارة 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 والفليير، **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.

← **وَبِالتلخيص خطوات الفحص بالرنين المغناطيسي MRI توصف ببساطة:**

⁵ الأرقام هنا وفي الفقرة التالية غير مطلوبة على حد تعبير الدكتور

المادة الظليلة المستخدمة في صور MRI هي

الغادولينيوم غليكات :

- الغادولينيوم مركب نظير مغناطيسي، قليل التواجد في الطبيعة، وهي حصرية وحكومية 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 استقلاب للغادولينيوم كاليود الذي يعطى في الطبقي، ولكن يجب أخذ الحذر في حالات:



فقر الدم
الانحلالي

فقر الدم
المنجلي

الحمل والإرضاع

اضطرابات
التنفس

الربو

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 وبيروبين 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:

- تشخيص أمراض الدماغ التنكسية (آفات المادة البيضاء الحثلية كالتصلب اللويحي) الطبقي لا يراها.
- تقييم الاستجابة لعلاج السرطان، فالمرنان ممتاز في النسيج الرخوة وامتدادها أكثر من ال CT_SCAN⁶.

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:

🧑‍⚕️ 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.

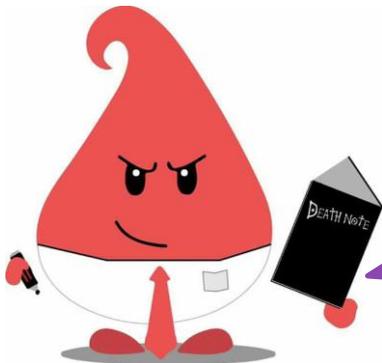
🧑‍⚕️ التصوير بتقنية الانتشار **Diffusion-weighted** للمقارنة بين المساحات داخل وخارج

الخلية، مما يعطي مؤشراً 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 للضوء والخوف من الأماكن المغلقة، وللمرضى

البدناء.



فكروا كم سيصبح العالم أفضل لو كان خالياً من المجرمين عندما أنظر حولي .. أجد من الناس الذين سيصبح العالم أكثر جمالاً بدونهم (من أقوال ياغامي لايت)

⁶ ال CT_SCAN أفضل في استقصاء الحوادث والرضوض والنزوف الدماغية

قائمة الترشيح للرنين المغناطيسي MRI Candidacy Checklist

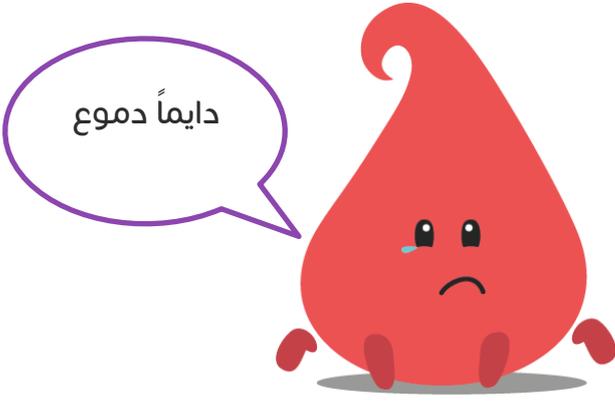
■ عدد قليل من المرضى هم وحدهم المؤهلون للتصوير بالرنين المغناطيسي عوضاً عن CT للأسباب التالية:

🤔 وجود المعادن التي تحتوي على الحديد كالتعويضات ومواد الاستبدال والدماسات الصناعية هو مضاد استطباب، المغناطيس في الجهاز قد يحرك القطع المعدنية ويسبب إصابات، لذلك حديثاً تستخدم مواد غير قابلة للمغطة 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، كأى رد فعل سابق تحسسي منه، وبعض حالات فقر الدم، أو مرض ويلسون.

🤔 الفحص غير مناسب أو محذور منه في الحمل، إن الحمل ليس مضاد استطباب لكن يبقى هناك بعض من التساؤل والحذر.



مضادات الاستطبابات الصريحة Contraindicated هام

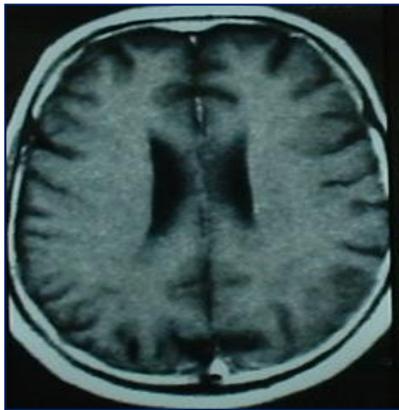
Cardiac monitor أجهزة مراقبة القلب equipment	Metal joint بدائل المفاصل المعدنية replacement
Pump, مضخة، قسطرة، بورت catheter, port	أم دم دماغية معالجة بغرز معدنية معدني Cerebral aneurysm clip
ناظم خطا للقلب Pacemaker	زراعة حلزون Cochlear implant
Medication لصاقات (باتشات) الأدوية patch	دبوس الكسر (استبدال)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

➔ مضادات الاستطباب النسبية غير متفق عليها Questionable (هام)

- 🔥 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.
- 🔥 الوشوم .Tattoos
- 🔥 الكحل المعدني .Metallic eyeliner
- 🔥 رصاصة أو شظية في الجسم Bullet or
- 🔥 shrapnel in body
- 🔥 حشوات الأسنان، تقويم الأسنان، أسنان صناعية
- 🔥 .Dental fillings, braces, dentures
- 🔥 الحمل .Pregnancy

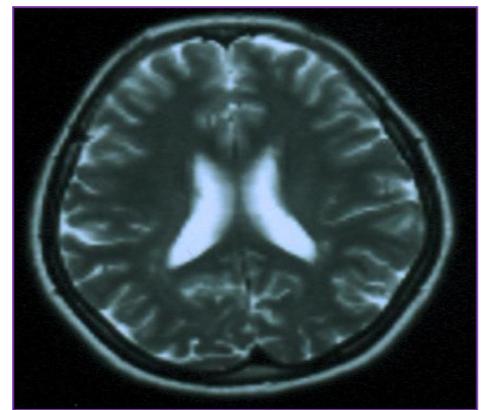
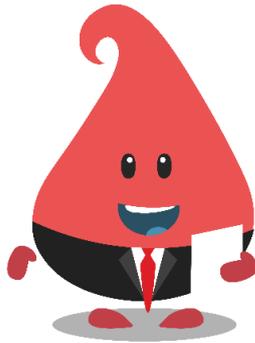
كخلاصة نهائية نقول: وجود أي جسم أجنبي معدني وقابل للتحرك هو مضاد استطباب مطلق.. يستثنى من ذلك (الكحل والرصاصة والأسنان الصناعية) فهي مضاد استطباب نسبي.

المرنان

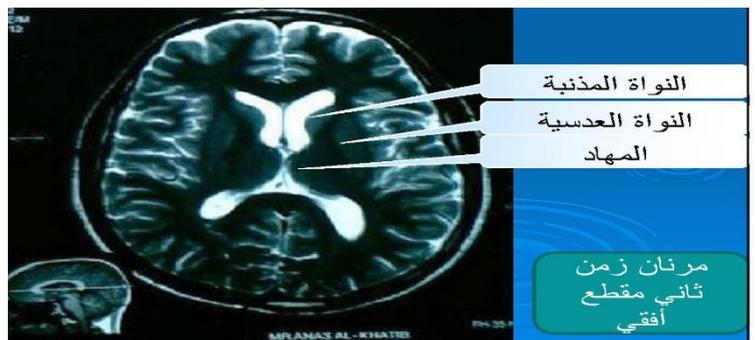


زمن أول

الصورة التالية للمرنان المغلق،
تذكير بالأزمة الأرشيف



زمن ثاني



كيف يتم إجراء التصوير

يتميز المرنان بقدرته على أخذ صور بكل الاتجاهات دون تغيير وضعية 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 ① مقاطع سهمية T1

② ومقاطع أفقية T2 وفي زمن كثافة البروتون PD (مشابه للزمن الثاني لم يعد يستخدم)

③ ومقاطع إكليلية بتكنيك FLAIR

مرنان للدماغ دون ومع حقن الغادولينيوم.

ويتضمن ① مقاطع بالزمن الأول بالاتجاهات الثلاثة (أفقي - سهمي - إكليلي) قبل وبعد حقن الغادولينيوم؛

② مقاطع أفقية بالزمن الثاني T2

النهاي

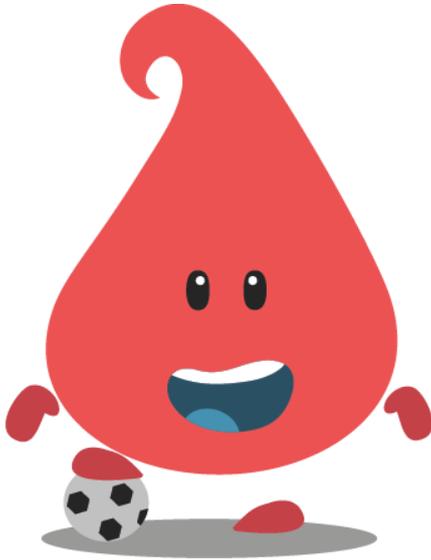
في الطبقي المحوري تفرض أن يكون المريض بالوضع الإكليلي (فرط بسط العنق) مع الحقن، أما مرنان النخامي فأسهل:

(a) بدون حقن الغادولينيوم وهي مقاطع رقيقة في T1

بالاتجاهات الثلاثة و T2 إكليلية.

(b) مع الحقن الديناميكي للغادولينيوم و يقصد به الحقن

السرير 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

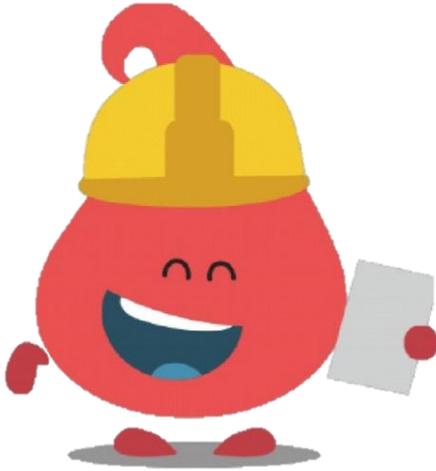
مرنان للعمود الفقري مع أو دون حقن.

في المرنان (هااااا وسؤال فحص)

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

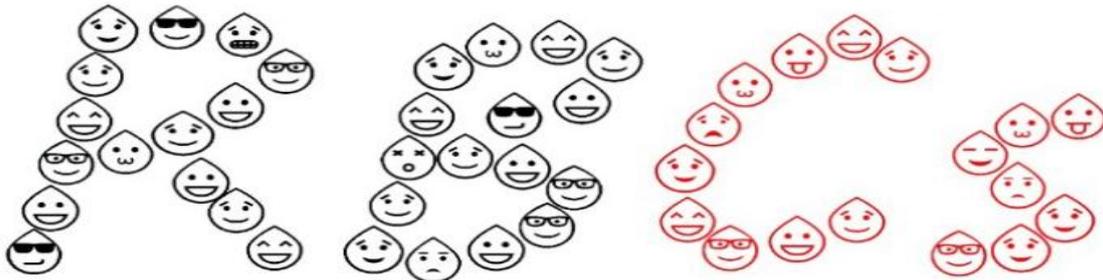
T ₂	T ₁	الماء
أبيض	أسود	العظم الكثيف
أسود	أسود	الهواء
أسود	أسود	الجريان الدموي
رمادي	أبيض	الشحم

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 .. فليز .. متوسط PD.
- إشارة النزف ← تختلف بحسب تطور الخلايا النازفة .
- إشارة الأورام ← نسبياً T₂ T₁ .
- إشارة الودمة ← T₂ و PD وفليز ... T₁.

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) و**جزيئات 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 لا يحويان 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 المستقبلية 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 ردً 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 **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 الجديدة هو حقيقة T₁، T₂ على التوالي.

T ₂	T ₁
هو الزمن الذي تنقص فيه 37% من المغنطة العرضانية الشاقولية	هو الزمن الذي تستعاد فيه 63% تقريباً من المغنطة الشاقولية
أقصر	T1 هو دائماً أكبر (حسب سرعة حركة البروتونات فكلما كانت أسرع احتاجت وقت أطول لتتخلى عن طاقتها).
تظهران بالعكس تماماً. مايميزه أن السوائل تظهر عليه بلون أبيض.	يدعى بالزمن التشريحي حيث تظهر المادة البيضاء ببيضاء وتظهر المادة الرمادية رمادية،

T ₂	T ₁	هاااااااا جداً
□ عالي الإشارة (أبيض).	■ ناقص الإشارة (أسود).	الماء
□ عالي الإشارة +	□ عالي الإشارة + +	الشحم
□ عالي الإشارة.	□ عالي الإشارة.	النزف الحديث
■ ناقص الإشارة.	■ ناقص الإشارة.	العظم الكثيف
■ ناقص الإشارة.	■ ناقص الإشارة.	الهواء

❖ 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 والفليير، 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

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

المواد الظليلة في المرنان Contrast Media:

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

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

من التأثيرات الجانبية:

- ازدياد عابر وطفيف في حديد وبيرويين 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 النسيج 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

الکظر واستقاء الخصية الهاجرة وسرطان باطن الرحم.

مضادات الاستطباب النسبية

- الوشوم
- الكحل المعدني
- رصاصه أو شظية في الجسم
- حشوات الأسنان، تقويم الأسنان، أسنان صناعية
- الحمل
- رهاب الأماكن المغلقة
- الحساسية الدوائية
- قصة لجراحة في الرأس

مضادات الاستطببات الصريحة

- ناظم خطأ للقلب، أجهزة مراقبة القلب .
- أم دم دماغية معالجة بغرز معدنية معدني .
- مضخة، قسطرة، بورت، لولب.
- زراعة حلزون، سماعات الأذن.
- بدائل المفاصل المعدنية، دبوس الكسر (استبدال)، أسياخ تثبيت العمود الفقري
- لصاقات (باتشات) الأدوية.
- العين المعدنية ومحجر العين المعدني.

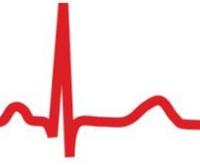


نماذج امتحانية

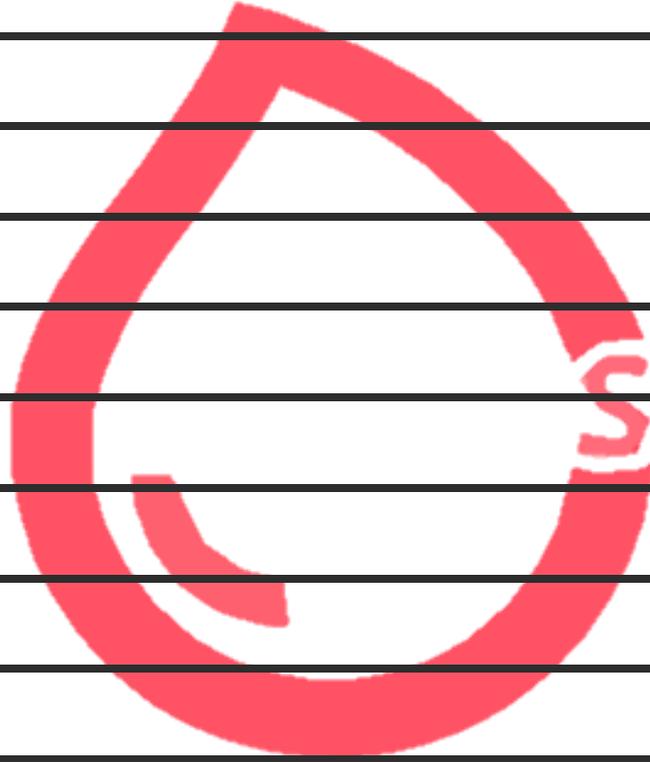
<p>3. تكنيك الـ stir بالمرنان هو (إجابة صحيحة) هو:</p> <p>A. تكنيك حذف الماء. B. تكنيك حذف الشحم. C. تكنيك التصوير الوعائي ثلاثي الأبعاد. D. تكنيك تصوير الطرق الصفراوية ثلاثي الأبعاد.</p>	<p>2. مضادات الاستطباب النسبية للتصوير بالرنين المغناطيسي (إجابة واحدة صحيحة):</p> <p>A. رهاب الأماكن الضيقة. B. وجود دسام قلبي صناعي معدني. C. غرز معدنية بالمقلة. D. غرز معدنية وعائية دماغية.</p>	<p>1. في جهاز الرنين المغناطيسي (عبارة واحدة خاطئة):</p> <p>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.</p>
<p>6. يفضل المرنان على التصوير الطبقي المحوري في الحالات التالية:</p> <p>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</p>	<p>5. مضادات الاستطباب المطلقة للتصوير بالمرنان:</p> <p>A. وجود ناظم خطى القلب B. وجود تعويضات معدنية متحركة C. دسام قلبي بإطار معدنية متحركة D. خوف الأماكن الضيقة</p>	<p>4. تكنيك flair بالمرنان يفيد في (إجابة واحدة خاطئة):</p> <p>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.</p>
<p>الحل :</p> <p>1. D × 2. A ✓ 3. B ✓ 4. D × 5. D × 6. D × 7. B ✓ 8. A ×</p>	<p>8. MRI:</p> <p>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 (FLAIR recovery) يحذف إشارة الماء. D. يتيح المرنان عن الطبقي MRS الاستقصاء عن التغيرات الكيميائية.</p>	<p>7. MRI:</p> <p>A. الرنين هو تبادل الطاقة بين شيتين 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</p>

الأصعب من تحقيق الهدف هو تحديده،

والأصعب من السير على الطريق بخطئ ثابتة هو التيقن من الطريق.



دون ملاحظاتك



RBCs

