

الفصل الثالث

التصوير بالرنين المغناطيسي

Magnetic Resonance Imaging(MRI)

التصوير بالرنين المغناطيسي هي تكنولوجيا معقدة وتعرف باسم MRI وهي اختصار للجملة Magnetic Resonance Imaging والتي في الحقيقة تعتمد على الظاهرة الفيزيائية المعروفة بالرنين المغناطيسي النووي والتي من الأجدر ان يكون اسم الجهاز الرنين المغناطيسي النووي ويختصر NMRI ولكن نظراً للواقع الكلمة النووي على المريض أو المستمع فإن العلماء فضلوا الاكتفاء بالاسم MRI. جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي هو جهاز تصوير مثل جهاز أشعة اكس أو جهاز CT ولكن يستخدم المجال المغناطيسي وأمواج الراديو للحصول على الصور دقيقة وتفصيلية وثلاثية الأبعاد تمكن الطبيب من رؤية الأجزاء الداخلية لجسم الإنسان من عظام ومفاصل والدم وخصوصاً الأنسجة الرقيقة مثل الدماغ بدون استخدام لأشعة اكس أو الحقن بالأصبغ لتعزيز التباين، ومن خلاله يمكن اكتشاف التغيرات التي قد تطرأ على بعض أعضاء الجسم نتيجة لمرض ما وذلك بالمقارنة مع الأعضاء السليمة.



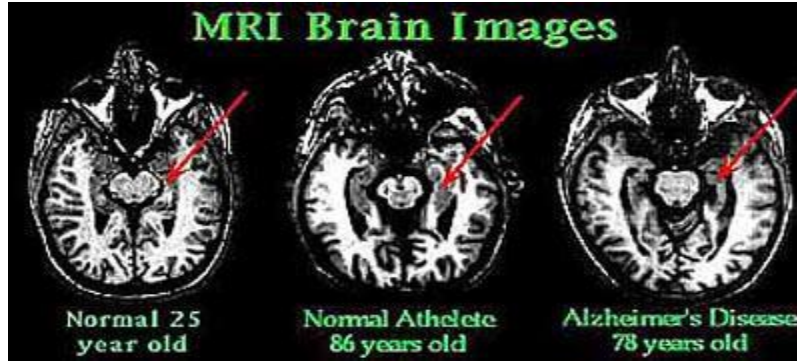
الفكرة والأساس

يبلغ طول جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي 3 (MRI) أمتار وطوله 2 متر وارتفاعه 2 متر كما يحتوي على أنبوبة أفقية تمتد خلال مغناطيس ، يستلقي المريض على ظهره على سرير خاص يمر ببطء من خلال الأنبوبة داخل المغناطيس. وليس بالضروري ان يتم إدخال جسم المريض بالكامل داخل التجويف المغناطيسي وإنما يعتمد ذلك على نوع الفحص المطلوب، وتختلف أجهزة MRI بالحجم والشكل حسب الجزء من الجسم المراد فحصه وتصويره حيث يتطلب وجود ذلك الجزء من الجسم في مركز التجويف المغناطيسي . حيث يقوم جهاز MRI بتصوير أدق التفاصيل في داخل جسم المريض بدقة نصف مليمتر ليكون صور ثنائية الأبعاد أو ثلاثية الأبعاد. جهاز MRI يمكن الطبيب مشاهدة وفحص داخل جسم الإنسان بدقة عالية بالمقارنة بأجهزة التصوير الطبية المعروفة الأخرى. حيث انه لا يترك أي تفاصيل إلا ووفرها وبالتالي لا حاجة لاستخدام أجهزة تصوير أخرى إذا حصلنا على صورة بجهاز MRI كما أنه بتعديل بعض العوامل أثناء الفحص فإن جهاز MRI يسبب تغير في جلد الإنسان مما ينتج عنه صور مختلفة تمكن الطبيب من استنتاج ما إذا كان ذلك طبيعياً أو غير ذلك. كما يمكن ان يتم تصوير تدفق الدم في كل جسم الإنسان حتى في أدق الشعيرات الدموية مما يسمح بانجاز الدراسات على أنظمة وأجهزة الإنسان الرئيسية كما تدل الإشارة إلى انه ليس بالضرورة حقن المريض بمادة التباين التي تستخدم في أجهزة التصوير الأخرى .

المجال المغناطيسي هو العنصر الرئيسي للجهاز ويشكل أكبر جزء فيه تركيبه. وتصل شدة المجال المغناطيسي المستخدم في الجهاز ما يزيد عن 2 تسلا ، والتسلا هي وحدة قياس شدة المجال المغناطيسي والتي تساوي 10000 كاوس وللمعرفة تبلغ شدة المجال المغناطيسي للأرض 0.5 كاوس وهذا دلالة على ضخامة المجال المغناطيسي المستخدم في جهاز MRI .

ونظرا لارتفاع شدة المجال المغناطيسي المستخدم في جهاز MRI فإن الكثير من الاحتياطات التي يجب أخذها في عين الاعتبار قبل تشغيل الجهاز فهذا المجال قادرا على جذب القطع الحديدية مثل الدبابيس والمفاتيح والأقلام وأدوات الطبيب الحديدية مثل المقص والمشرط وغيره من الأدوات الصغيرة مما يجعلها تندفع في اتجاه المجال المغناطيسي بقوة كبيرة مثل الرصاصة في اتجاه التجويف المغناطيسي حيث يفترض وجود المريض المراد تصويره وإذا اصطدمت تلك الأشياء بأحد فإنها وبلا شك ستؤذي ، كما ان هذا المجال سيفسد بطاقات الائتمان وأقراص الكمبيوتر المغناطيسية ويمحي كل البيانات التي عليها.

ولذلك قبل إدخال المريض والمختصين إلى غرفة الجهاز فإنه يتم إجراء فحص دقيق للتخلص من الأشياء المعدنية التي قد يحملها المريض أما الأشخاص الذين زرعت في أجسامهم قطع معدنية لثبيت العظام فإنه يسمح لهم استخدام الجهاز لان تلك القطع أصبحت ثابتة ولا يمكن ان تتحرك تحت تأثير المجال المغناطيسي وخاصة إذا مر عليها مدة تزيد عن 6 أسابيع وإذا وجد نتيجة الفحص احتواء الجسم على أية معادن قابلة للحركة لا يسمح للمريض بالتصوير بجهاز MRI ويتم تحويله إلى وسيلة تصوير أخرى مثل CT .



صور للدماغ باستخدام جهاز MRI لأعمار مختلفة حيث على اليسار لعمر 25 عام والوسط 86 عام واليمين 78 عام للدماغ شخص مصاب بمرض الزهايمر

كذلك لا يسمح للمرأة الحامل باستخدام الجهاز لأنه حتى الآن لم تجري بحوث على تأثير المجال المغناطيسي على الجنين ويخشى من تأثير خلايا الجنين بالمجال المغناطيسي وخصوصا وإنها تكون في طور الانقسام والنمو.

اجزاء جهاز MRI

ذكرنا في المقدمة أن المغناطيس يعد الجزء الرئيسي للجهاز وبه تجويف لإدخال المريض داخله وهناك ثلاث أنواع من المغنطيسات التي يمكن استخدامها في أجهزة MRI.

انواع المغناطيس المستخدم

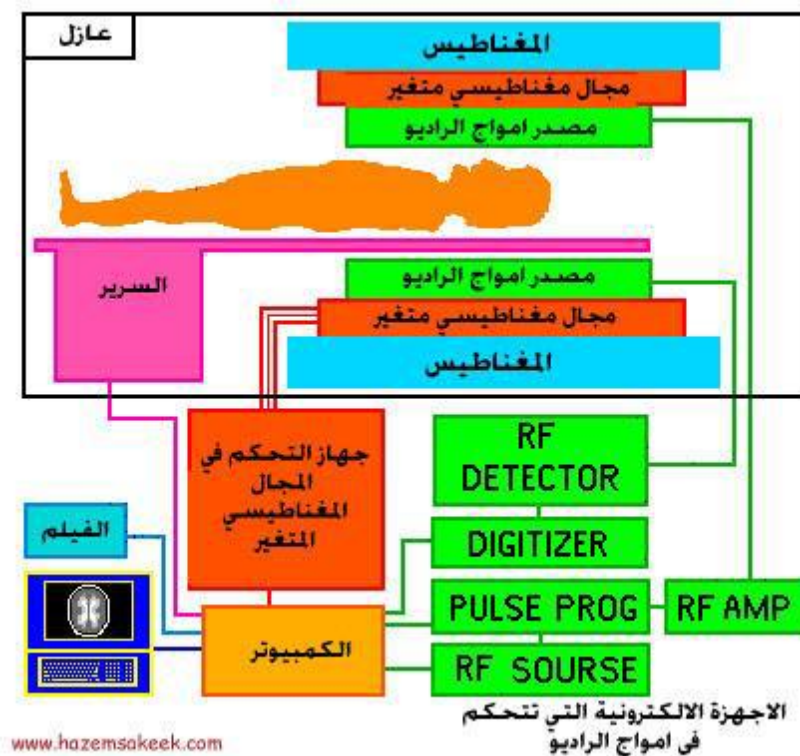
1- المغناطيس الكهربائي: ويحتوي على العديد من لفات من سلك حول اسطوانة فارغة ويمرر بالسلك تيار كهربائي مما يعمل على توليد مجال مغناطيسي طالما استمر مرور التيار الكهربائي في السلك. يتميز هذا النوع من المغناطيس بقلّة تكلفته بالمقارنة بالمغناطيس المصنع من المواد فائقة التوصيل المستخدم في النوع الثالث ولكن يحتاج هذا المغناطيس إلى تيار كهربائي كبير تصل قدرته إلى 50,000 وات نظراً لمقاومته المرتفعة نسبياً وهذا يجعل تكاليف التشغيل باهظة جدا وخصوصا إذا تطلب الأمر الوصول إلى مجال مغناطيسي شدته 0.3 تسلا.

2- **المغناطيس الدائم :** وهو ينتج مجال مغناطيسي طوال الوقت مما يعنى تكلفة تشغيل قليلة ولكن المشكلة تكمن في حجم المغناطيس ووزنه والذي يصل إلى أكثر من 7 طن لتوليد مجال مغناطيسي شدته 0.4 تسلا وهذا سبب في صعوبة تصنيعه واستخدامه.

3- المغناطيس الفائق : وهو المغناطيس المستخدم عادة في أجهزة MRI ويستخدم مواد فائقة التوصيل لعمل ملف اسطواني حول اسطوانة كما في المغناطيس الكهربائي ولكن هنا التيار الكهربائي اللازم اقل بكثير من السابق وذلك لان مقاومة هذه الأسلاك معدومة . وهذا النوع من الأسلاك الفائقة التوصيل تعمل عند درجات منخفضة جدا قريبة من الصفر المطلق وذلك من خلال تبريدها بوسائل الهيليوم الذي تكون درجة حرارته 4.2 درجة مئوية تحت الصفر . والمريض داخل المغناطيس لن يشعر بهذه البرودة القارصة لان المغناطيس معزول ومفرغ من الهواء أيضا. وبهذه الطريقة يمكن الوصول إلى مجال مغناطيسي بشدة 2 تسلا أو أكثر ولكن المواد فائقة التوصيل مكلفة جداً وعملية التبريد المستمر بالهيليوم السائل مكلفة أيضا ولكن بالرغم من التكلفة الباهظة يعتبر هذا النوع من المغنطيسات الأنسب والأفضل للوصول إلى 2 تسلا والذي يعنى صور في غاية الوضوح والدقة.

إذا الجزء الرئيسي من تركيب الجهاز هو المغناطيس الضخم الذي يولد مجالاً مغناطيسياً منتظماً. ولكن هناك نوع آخر من المغناطيس ويعتبر الجزء الثاني من تركيب الجهاز وهو مغناطيس يولد مجالاً مغناطيسياً متزايد بحيث شدته تتغير من 180 كاوس إلى 270 كاوس وهذا لا شك مجال مغناطيسي صغير جداً بالمقارنة بما تحدثنا عنه في السابق ولاحقاً سيتم شرح وظيفة ودور المجال المغناطيسي المنتظم والمتزايد. بينما يقوم المجال المغناطيسي المنتظم بغمر كامل جسم المريض فإن المغناطيس الثاني يعمل على توليد مجال مغناطيسي متغير.

أما الجزء الثالث من تركيب الجهاز هو مولد أمواج الراديو التي تخترق جسم المريض عند إجراء التصوير . والشكل التالي يوضح الأجزاء الرئيسية لتركيب جهاز MRI والأجهزة الإلكترونية المتحركة في تشغيله.

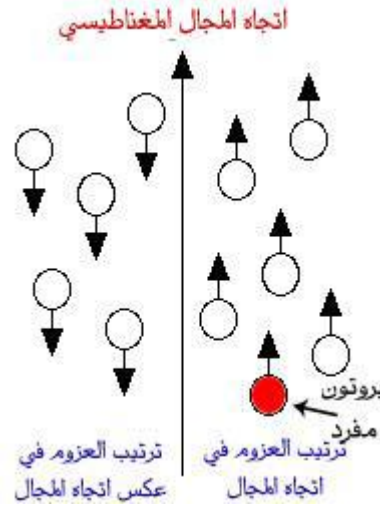


مخطط للأجزاء الرئيسية لتركيب جهاز MRI والأجهزة الإلكترونية المتحكممة في تشغيله

الآلية الحصول على الصور باستخدام جهاز MRI

ان أية مادة ومنها جسم الإنسان يتكون من بلايين الذرات المختلفة، ونواة هذه الذرات تتحرك حركة دورانية حول محور كما في الشكل الموضح أدناه حيث تشكل هذه الحركة شكل مخروط حول محور الدوران.

ولنتخيل ان هذه البلايين من الانوية عشوائية في حركتها حيث ان كل نواة تتحرك حول محورها بصورة مستقلة عن النواة الأخرى، وكما نعلم ان الجسم مكون من مواد مختلفة وبالتالي من ذرات مختلفة ولكن جهاز MRI سيركز فقط على ذرة الهيدروجين حيث إنها الذرة المثالية لان النواة تحتوي على بروتون واحد وله عزم مغناطيسي كبير نسبياً وهذا يعني انه عندما تتعرض ذرة الهيدروجين إلى مجال مغناطيسي خارجي فإنها سوف تتأثر به بحيث يصبح اتجاه العزم المغناطيسي في اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي أو في عكسه. كما يحدث للإبرة المغناطيسية في مجال مغناطيسي حيث تدور حول محورها وتستقر في النهاية في اتجاه المجال المغناطيسي كما يمكن إجبارها على ان تستقر في عكس اتجاه المجال المغناطيسي. المجال المغناطيسي الكبير (2 تسلا) والموجه في اتجاه محور التجويف الذي يكون المريض بداخله في جهاز MRI . وبالتالي فإن بروتونات ذرة الهيدروجين المكونة لجسم المريض سوف تتأثر بالمجال المغناطيسي وتترتب كما شرحنا سابقا بحيث يكون اتجاه عزمها المغناطيسي إما في اتجاه القدمين أو في اتجاه الرأس. ولهذا فإن اغلب هذه العزوم سوف تلغي بعضها البعض ولكن ليس كل العزوم تلغي بعضها البعض فقد تبقى بعض العزوم مفردة وتقدر نسبة هذه البروتونات التي تبقى مفردة بروتون واحد لكل مليون بروتون، وقد يبدو هذا العدد قليل ولكن هذا يكفي لتكوين الصور المطلوبة وبدقة عالية.



كل بروتونات ذرة الهيدروجين تترتب في اتجاه المجال أو في عكس اتجاه المجال ولا يمكن ان يكون هناك ترتيب آخر. العدد الأعظم من تلك البروتونات عزمها المغناطيسية تلغي بعضها البعض ولا يبقى إلا القليل كما في الشكل البروتون المميز باللون الأحمر فلا يوجد بروتون آخر بعكس اتجاهه ليلاشي عزمه المغناطيسي .

وظيفة امواج الراديو

يتم توجيه أمواج الراديو على شكل نبضات على الجزء المراد فحصه من جسم الإنسان بتردد مناسب لذرة الهيدروجين فقط وتستجيب له فقط البروتونات المفردة التي ذكرناها من قبل وهذا الجزء يسمى الرنين resonance حيث تجعل نبضات أمواج الراديو تلك البروتونات تأخذ اتجاه محدد وتدور بتردد يسمى تردد لارمور Larmour frequency وهو تردد الرنين لان تردد أمواج الراديو تم اختيارها في مدى استجابة بروتونات ذرة الهيدروجين.

يتم توليد أمواج الراديو باستخدام ملفات مشكّلة بأشكال خاصة حسب العضو المراد فحصه. والآن يأتي دور المجال المغناطيسي المتغير الذي يكون داخل المجال المغناطيسي المنتظم والذي تحدثنا عنه من قبل في أجزاء جهاز MRI ووظيفة هذا المجال المغناطيسي المتغير هو اختيار الجزء المراد تصويره بدقة عن طريق تشريحه إلى مقاطع رقيقة لتكوين الصور المجسمة. وذلك دون الحاجة إلى تحريك الجهاز لتصوير الجسم من مختلف الاتجاهات كما يحدث في جهاز الأشعة المقطعية CT.

عندما تتوقف أمواج الراديو فإن بروتونات ذرات الهيدروجين التي تأثرت بأمواج الراديو تعود إلى وضعها الأصلي قبل تشغيل نبضات أمواج الراديو محررة الطاقة التي اكتسبتها ، يتم التقاط هذه الطاقة بواسطة ملف توليد أمواج الراديو وترسل إلى الكمبيوتر الذي يقوم بتحليلها باستخدام معادلات رياضية تعرف باسم تحويلات فورير Fourier transform وهكذا تتم ترجمتها إلى صورة.

إذا نستنتج من ذلك ما يلي

1. المجال المغناطيسي المنتظم يعمل على ترتيب العزوم المغناطيسية لبروتونات ذرات الهيدروجين.
2. أمواج الراديو تعمل على التأثير على عزوم بروتونات ذرات الهيدروجين المفردة.
3. المجال المغناطيسي المتغير يعمل على تقسيم الجزء المحدد من الجسم إلى شرائح رقيقة ليتمكن الطبيب من دراسة وفحص وتصوير المقطع الذي يريد من جسم الإنسان.