MRI Hardware

Scanners of MRI come in ***many varieties*** where there is:: تأتي ماسحات التصوير بالرنين المغناطيسي في العديد من الأصناف حيث يوجد

- ***Permanent magnet*** type, ***resistive***, ***superconducting***,نوع المغناطيس الدائم، مقاوم، فائق التوصيل،
- ***Opening or bore***,الفتح أو التجويف،
- ***With or without helium***,مع أو بدون الهيليوم،
- ***High field strength or low***..قوة المجال عالية أو منخفضة

The choice of magnet mainly governed by ***what you intend to do***, and ***the cost***. يعتمد اختيار المغناطيس بشكل أساسي على ما تنوي القيام به والتكلفة.

High field magnets offer ***high quality image*** better***, faster scanning*** and a ***wider range ofapplications***, but they are ***more cost*** than their counterpart's field is low. توفر المغناطيسات ذات المجال العالي صورة عالية الجودة بشكل أفضل، ومسحًا أسرع ونطاقًا أوسع من التطبيقات، ولكنها أكثر تكلفة من نظيرتها ذات المجال المنخفض.

Magnet Types أنواع المغناطيس

The ***static magnetic field*** (B_o) in MRI systems can be created by: ***Permanent magnets*** and ***Electromagnets***..يمكن إنشاء المجال المغناطيسي الساكن في أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي عن طريق: المغناطيس الدائم والمغناطيس الكهربائي

Permanent Magnets مغناطيس دائم

A permanent magnet originates from permanently ***ferromagnetic materials***, which does ***not lose the magnet field*** that ***remains over time without weakening***. *ينشأ المغناطيس الدائم من مواد ذات مغناطيسية دائمة، مما لا يفقد مجال المغناطيس الذي يبقى مع مرور الوقت دون أن يضعف.*

Due to ***weight considerations***, these types of magnets are usually limited to maximum ***field strengths of 0.4 T***..نظرًا لاعتبارات الوزن، تقتصر هذه الأنواع من المغناطيسات عادةً على شدة المجال القصوى البالغة 0.4 تسلا

Tesla (T) is the unit for magnetic field strength is Tesla: 1 Tesla = 10000 Gauss *تسلا هي وحدة قياس شدة المجال المغناطيسي وهي تسلا:*

1 تسلا = 10000 غاوس.

. ***Permanent magnets*** have usually ***an open design system*** (see Figure 9.1) which has ***ample open space*** which is ***more comfortable for the patient***. *عادةً ما يكون للمغناطيس الدائم نظام تصميم مفتوح (انظر الشكل 9.1) يحتوي على مساحة مفتوحة واسعة تكون أكثر راحة للمريض.*

So, the open design accommodates extremely ***large patients*** and dramatically ***reducesanxiety*** for all patients especially those who have ***claustrophobic tendencies*** or have ***larger body structures***.

لذلك، فإن التصميم المفتوح يستوعب المرضى ذوي الحجم الكبير للغاية ويقلل بشكل كبير من القلق لجميع المرضى وخاصة أولئك الذين لديهم ميول إلى الخوف من الأماكن المغلقة أو لديهم هياكل جسدية أكبر.



ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Low power consumption	Limited field strength (<0.3T)
Low operating cost	Very heavy
Small fringe field	No quench possibility
No cryogen	

Figure 9.1: Open MRI system "OPER"

Electromagnets المغناطيسات الكهربائية

There are ***two categories*** can be used in MR scanner: ***Resistive*** and ***Superconducting*** Magnets **هناك فئتان يمكن استخدامهما في الماسح الضوئي بالرنين المغناطيسي: المغناطيسات المقاومة وفائقة التوصيل**

1. **Resistive Magnets** مغناطيسات مقاومة .1

Resistive magnets are made from ***loops of wire*** wrapped around a ***cylinder*** through whicha ***large electric current is passed***. **تصنع المغناطيسات المقاومة من حلقات من الأسلاك ملفوفة حول أسطوانة يتم من خلالها تمرير تيار كهربائي كبير.**

These magnets are ***very large*** that utilizes the principles of ***electromagnetism*** to generate ***the magnetic field***, like the ones used in scrap yards to pick up cars **هذه المغناطيسات كبيرة جدًا وتستخدم مبادئ الكهرومغناطيسية لتوليد المجال المغناطيسي، مثل تلك المستخدمة في ساحات الخردة لالتقاط السيارات.**

They are ***lower in cost***, but ***need a lot of power*** to run that means, ***large current values*** which runs through loops of wire because of the ***natural resistance of the wire***.
إنها أقل تكلفة، ولكنها تحتاج إلى قدر كبير من الطاقة لتشغيلها، مما يعني قيم تيار كبيرة تمر عبر حلقات من الأسلاك بسبب المقاومة الطبيعية للسلك.

They ***produce a lot of heat***, which ***requires significant cooling*** of the magnet coils. إنها تنتج الكثير من الحرارة، الأمر الذي يتطلب تبريدًا كبيرًا لملفات المغناطيس.

Resistive magnets come in ***two general categories***: ***iron-core*** and ***air-core***. يأتي المغناطيس المقاوم في فئتين عامتين: قلب الحديد ونواة الهواء.

Resistive magnets are typically ***limited to maximum field*** strengths can be ***up to 0.6 T*** تقتصر المغناطيسات المقاومة عادةً على أقصى شدة للمجال يمكن أن تصل إلى 0.6 تسلا.

They usually have ***an open design***, which ***reduces claustrophobia***. Figure 9.2 shows Hitachi's Airis 0.3 Tesla (air-core) system. عادة ما يكون لديهم تصميم مفتوح، مما يقلل من رهاب الأماكن المغلقة. يوضح الشكل 9.2 نظام هيتاشي 0.3 تسلا (قلب الهواء).



ADVANTAGES	DISADVANTAGES
Low capital cost	High power consumption
Light weight	Limited field strength (<0.2T)
Can be shut off	Water cooling required
	Large fringe field

Figure 9.2: Hitachi's Airis 0.3 Tesla (air-core) system.

2. Superconducting Magnets مغناطيس فائق التوصيل

Superconducting magnets are ***today's most co***mmonly used in MRIs, such as ***niobium-tin*** and ***niobium-titanium*** are used to make the coil windings. تعد المغناطيسات فائقة التوصيل هي الأكثر استخدامًا اليوم في التصوير بالرنين المغناطيسي، مثل النيوبيوم، حيث يتم استخدام القصدير والنيوبيوم والتيتانيوم لصنع ملفات الملف.***The magnetic field*** is generated by a passing electrical current through ***coils of wire***. يتم إنشاء المجال المغناطيسي من خلال مرور تيار كهربائي عبر ملفات من الأسلاك.

The wire is ***surrounded with a coolant***, such as ***liquid helium***, to r***educe the electricresistance*** of the wire. At ***4 Kelvin (-269 ^{o}C)*** electric ***wire looses its resistance***.

يُحاط السلك بمادة مُبردة، مثل الهيليوم السائل، لتقليل المقاومة الكهربائية للسلك. عند درجة حرارة 4 كلفن (-269 درجة مئوية)، يفقد السلك الكهربائي مقاومته.

Once a system is energized, ***it won't loose its magnetic field***. بمجرد تنشيط النظام، فإنه لن يفقد مجاله المغناطيسي.

Superconductivity allows for systems with ***very high field strengths up to 12 Tesla***.

The ones that are ***most used in clinical*** environments run ***at 1.5 Tesla***. تتيح الموصلية الفائقة للأنظمة ذات شدة مجال عالية جدًا تصل إلى 12 تسلا. تلك الأكثر استخدامًا في البيئات السريرية تعمل بسرعة 1.5 تسلا.

Most superconducting magnets are ***bore type magnets***. معظم المغناطيسات فائقة التوصيل هي مغناطيسات من النوع المجوف.

A ***number of vacuum vessels***, which act as ***temperature shields***, ***surround the core***.

These shields are necessary to ***prevent the helium to boil off too quickly***. Another ***advantage*** of superconducting magnets is the ***high magnetic field homogeneity***. عدد من الأوعية المفرغة، التي تعمل كدروع حرارية، تحيط بالنواة. هذه الدروع ضرورية لمنع الهيليوم من الغليان بسرعة كبيرة. ميزة أخرى للمغناطيس فائق التوصيل هي تجانس المجال المغناطيسي العالي.



ADVANTAGES	DISADVANTAGES
High field strength	High capital costs
High field homogeneity	High cryogen costs
Low power consumption	Acoustic noise
High SNR	Motion artifacts
Fast scanning	Technical complexity

Figure 9.3: bore type magnets.

In 1997 Toshiba introduced the world's ***first open superconducting*** magnet uses a ***special metal alloy***, which ***conducts the low temperature*** needed for ***superconductivity***. في عام 1997، طرحت شركة توشيبا أول مغناطيس مفتوح فائق التوصيل في العالم يستخدم سبيكة معدنية خاصة، والتي توصل درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للموصلية الفائقة.

The advantage of this is that the system ***does not need any helium refills***, which ***dramatically reduces running costs***. ***وتتمثل ميزة ذلك في أن النظام لا يحتاج إلى أي عبوات هيليوم، مما يقلل بشكل كبير من تكاليف التشغيل.***

The ***open design reduces anxiety and claustrophobia***. ***التصميم المفتوح يقلل من القلق والخوف من الأماكن المغلقة.***

Figure 9.4 shows Toshiba's OPART 0.35 Tesla system, which ***combines an open design*** with the advantages related to ***superconducting magnets***. **يوضح الشكل 9.4 النظام الذي يجمع بين التصميم المفتوح والمزايا المتعلقة بالمغناطيس فائق التوصيل.**

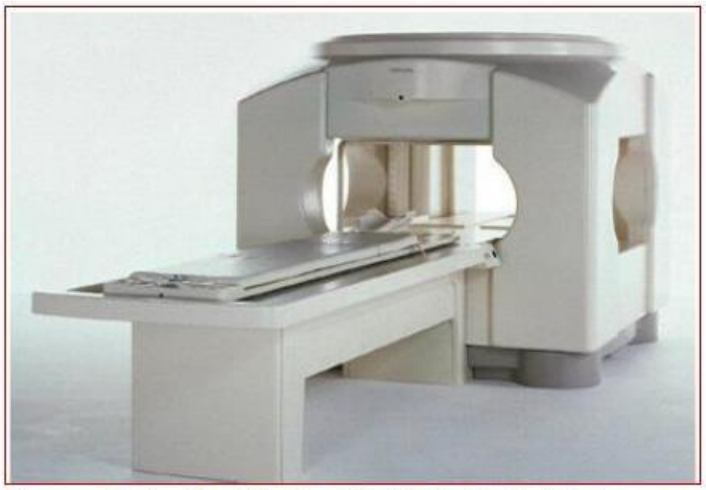

Figure 9.4: Toshiba's OPART 0.35 Tesla system, which combines an open design.

The current trend in magnet design ***is low field open design*** versus ***high field bore design***. Obviously it would be desirable ***to combine the two***, and only time will tell whether this can be done within reasonable ***manufacturing costs*** and ***technical/structural limitations***. **الاتجاه الحالي في تصميم المغناطيس هو التصميم المفتوح ذو المجال المنخفض مقابل تصميم التجويف ذو المجال العالي. ومن الواضح أنه سيكون من المرغوب فيه الجمع بين الاثنين، والوقت وحده هو الذي سيحدد ما إذا كان من الممكن القيام بذلك ضمن تكاليف التصنيع المعقولة والقيود التقنية/الهيكلية.**

Shimming الملئ

MRI requires a very ***high homogeneous*** static magnetic field. In order to produce ***high-resolution images***, the magnetic field ***inhomogeneity*** must be maintained to the ***order of several ppm***. **يتطلب التصوير بالرنين المغناطيسي مجالًا مغناطيسيًا ثابتًا ومتجانسًا للغاية. ومن أجل إنتاج صور عالية الدقة، يجب الحفاظ على عدم تجانس المجال المغناطيسي في حدود عدة أجزاء في المليون.**

After manufacturing, the ***magnet must be adjusted in some points to produce a more uniform field*** by making small ***mechanical and/or electrical*** adjustments to the overall field. This process is known as **shimming**. **بعد التصنيع، يجب تعديل المغناطيس في بعض النقاط لإنتاج مجال أكثر اتساقًا عن طريق إجراء تعديلات ميكانيكية و/أو كهربائية صغيرة على المجال العام. تُعرف هذه العملية بالملمع.**

Because the magnet itself ***is not adequately homogeneous***, it is necessary to improve or ***"shim" the homogeneity*** of the static magnetic field (B_o). **نظرًا لأن المغناطيس نفسه ليس متجانسًا بشكل كافٍ، فمن الضروري تحسين أو "تغليف" تجانس المجال المغناطيسي الثابت**

A shim is a device used to adjust the homogeneity of a magnetic field. *الرقائق هو جهاز يستخدم لضبط تجانس المجال المغناطيسي.*

Shimming (or ***adjustment of the static magnetic field homogeneity***) is accomplished bytwo methods: ***(1) Passive shimming (2) Active shimming*** ***يتم تنفيذ الحشو (أو تعديل تجانس المجال المغناطيسي الثابت) بطريقتين: (1) الحشو السلبي (2) الحشو النشط***

1) **Passive shimming:** The ***mechanical adjustments***, which add ***small pieces of iron*** or ***magnetized materials***, are typically called ***passive shimming***. **الحشو السلبي: تسمى التعديلات الميكانيكية، التي تضيف قطعًا صغيرة من الحديد أو المواد الممغنطة، عادةً بالحشو السلبي.**
Passive shimming involves ***pieces of steel*** with ***good magnetic qualities***. The steel pieces are ***placed near the permanent or superconducting magnet***. They become ***magnetized and produce their own magnetic field***. **يتضمن الحشو السلبي قطعًا من الفولاذ ذات صفات مغناطيسية جيدة. يتم وضع القطع الفولاذية بالقرب من المغناطيس الدائم أو فائق التوصيل. تصبح ممغنطة وتنتج مجالها المغناطيسي الخاص.**

2) **Active shimming:** The ***electrical adjustments***, which use ***extra exciting currents***, are known as ***active shimming***. Active shimming is ***performed with coils*** with ***adjustable current***. **1) الحشو النشط: تُعرف التعديلات الكهربائية، التي تستخدم تيارات مثيرة إضافية، باسم الحشو النشط. يتم تنفيذ الحشو النشط باستخدام ملفات ذات تيار قابل للتعديل.**

Active shimming requires ***passage of electric current*** through ***coils with unique geometric configurations***. The shim coils are designed to ***correct inhomogeneities*** of specific geometries. **يتطلب التصفيح النشط مرور تيار كهربائي عبر ملفات ذات تكوينات هندسية فريدة. تم تصميم ملفات الرقائق لتصحيح عدم التجانس في أشكال هندسية معينة.**

In both active and passive shimming, the additional ***magnetic fields*** (produced by coils or steel) ***add to the overall magnetic field*** of the ***superconducting magnet*** in such a way as to ***increase the homogeneity of the total field***. **كلا من الحشو النشط والسلبي، تضيف المجالات المغناطيسية الإضافية (التي تنتجها الملفات أو الفولاذ) إلى المجال المغناطيسي الكلي للمغناطيس فائق التوصيل بطريقة تزيد من تجانس المجال الإجمالي.**