Scan Parameters (TR, TE, Flip Angle)

Two controls determine ***tissue contrast***: ***TR (repetition time)*** and ***TE (echo time)*** of the scan. They can be used for example to produce contrast between different tissues due to their individual relaxation properties. ***TR and TE both affect signal-to-noise and contrast resolution***. هناك عنصرا تحكم يحددان تباين الأنسجة: (زمن التكرار) و(زمن الصدى) للفحص. يمكن استخدامها على سبيل المثال لإنتاج التباين بين الأنسجة المختلفة بسبب خصائص الاسترخاء الفردية الخاصة بها. كلاهما يؤثر على دقة الإشارة إلى الضوضاء والتباين.

(a) **Repetition time (TR)** is the ***time between successive RF pulses***, that is, the duration of a ***phase encoding cycle***. (أ) وقت التكرار هو الوقت بين نبضات التردد اللاسلكي المتعاقبة، أي مدة دورة تشفير الطور.

- A ***long TR*** allows the ***protons in all of the tissues to rela***x back into alignment with the main magnetic field. يسمح الطول الطويل للبروتونات الموجودة في جميع الأنسجة بالاسترخاء مرة أخرى لتتوافق مع المجال المغناطيسي الرئيسي.
- A ***short repetition time*** will result in the protons from some tissues ***not having fully relaxed back*** into alignment before the next measurement is made ***decreasing the signal from this tissue***. سيؤدي وقت التكرار القصير إلى عدم استرخاء البروتونات من بعض الأنسجة بشكل كامل مرة أخرى إلى محاذاة قبل إجراء القياس التالي مما يقلل الإشارة من هذا النسيج.
- In other words, TR ***controls the T1 relaxation*** time of the tissue by allowing a certain amount of the net magnetization to re-grow into ***the longitudinal plane***, back to equilibrium before a signal is read. بمعنى آخر، يتحكم في وقت استرخاء الأنسجة عن طريق السماح لكمية معينة من صافي المغنطة بإعادة النمو إلى المستوى الطولي، والعودة إلى التوازن قبل قراءة الإشارة.
- A ***long TR*** will ***increase signal to noise ratio*** because ***more net magnetization has re-grown back*** to equilibrium and is available to be excited and flipped once again into ***the transverse plane***. طويل سيزيد من نسبة الإشارة إلى الضوضاء لأن المزيد من المغنطة الصافية قد عادت إلى التوازن وهي متاحة للإثارة والانقلاب مرة أخرى إلى المستوى العرضي.
- A ***short TR decreases the signal to noise ratio*** because n***ot as much of the net magnetization has recovered and is not there to be excited*** and flipped again into the transverse plane. قصر يقلل من نسبة الإشارة إلى الضوضاء لأنه لم يتم استرداد قدر كبير من المغنطة الصافية ولم يعد هناك ما يثير الإثارة وانقلب مرة أخرى إلى المستوى العرضي.

(b) **Echo time (TE)** is the time at which the ***electrical signal induced*** by the spinning protons is measured. That is, the time ***between giving the RF pulse (excitation) and the peak (maximum amplitude) of the echo signal*** (Fig 9.51). During this time interval, the ***transverse magnetization decays***, e.g. signal decays, due to the T2 relaxation effects. So ***TE directly determines how much the transverse signal decays***. For a T2 weighted image, ***use a TE that is longer than the T2 of some tissues but shorter than the T2 of other*** tissues. (ب) وقت الصدى هو الوقت الذي يتم فيه قياس الإشارة الكهربائية الناتجة عن البروتونات الدوارة. أي الوقت بين إعطاء النبضة (الإثارة) والذروة (السعة القصوى) لإشارة الصدى (الشكل 9.51). خلال هذه الفترة الزمنية، تضمحل المغنطة العرضية، على سبيل المثال. تتحلل الإشارة بسبب تأثيرات الاسترخاء. هذا يحدد بشكل مباشر مقدار اضمحلال الإشارة المستعرضة. للحصول على صورة مرجحة، استخدم صورة أطول من صورة بعض الأنسجة ولكنها أقصر من صورة الأنسجة الأخرى.

- ***A long TE results in reduced signal in tissues like white matter and gray matter since the protons are more likely to become out of phase***. Protons in a ***fluid will remain in phase*** for a longer time since they are not constrained by structures such as axons and neurons. يؤدي الاستخدام الطويل إلى انخفاض الإشارة في الأنسجة مثل المادة البيضاء والمادة الرمادية حيث من المرجح أن تصبح البروتونات خارج الطور. ستبقى البروتونات الموجودة في السائل في الطور لفترة أطول لأنها غير مقيدة بهياكل مثل المحاور والخلايا العصبية.
- A ***short echo time reduces the amount of dephasing that can occur in tissue*** like white matter and gray matter. يقلل وقت الصدى القصير من كمية الإزالة التي يمكن أن تحدث في الأنسجة مثل المادة البيضاء والمادة الرمادية.
- In other words, ***TE controls the T2 relaxation time*** of the tissue by allowing a certain amount of the net magnetization to decay in the transverse plane before a signal is read. بمعنى آخر، يتحكم في وقت استرخاء الأنسجة عن طريق السماح لكمية معينة من المغنطة الصافية بالتحلل في المستوى المستعرض قبل قراءة الإشارة.
- A ***long TE decreases signal to noise because*** all of the net magnetization has decayed when the signal is read. انخفاض طويل في الإشارة إلى الضوضاء لأن كل المغنطة الصافية قد تلاشت عند قراءة الإشارة.
- A ***short TE increases signal-to-noise*** because there is net magnetization in the transverse plane to contribute to the signal. يزيد القصر من الإشارة إلى الضوضاء نظرًا لوجود مغنطة صافية في المستوى المستعرض للمساهمة في الإشارة.

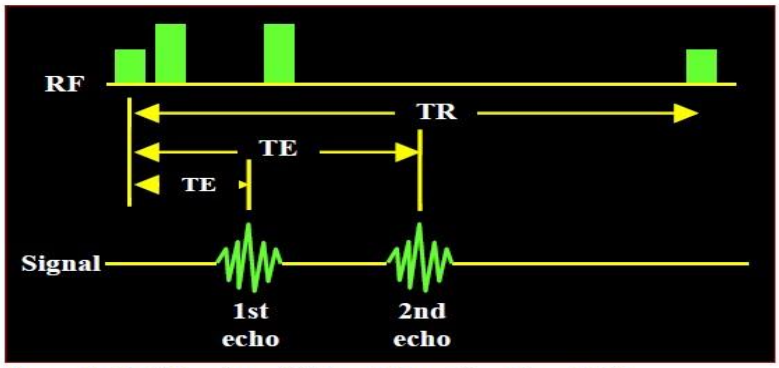

Figure 9.51: Echo time (TE) and Repetition time (TR).

- ***A long TR and a short TE increase signal to noise ratio and contrast resolution*** of the MR images. زيادة طويلة وقصيرة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء ودقة التباين في صور الرنين المغناطيسي.

- A specific weighting for the combination ***short TR and a long TE decrease signalto-noise ratio and contrast resolution*** in MR. The results of the three parameters can be summarized in the Figure 9.52 together with several other important variables. ترجيح محدد للمجموعة القصيرة والطويلة من انخفاض نسبة الإشارة إلى الضوضاء ودقة التباين في . يمكن تلخيص نتائج المعلمات الثلاثة في العديد من المتغيرات المهمة الأخرى.

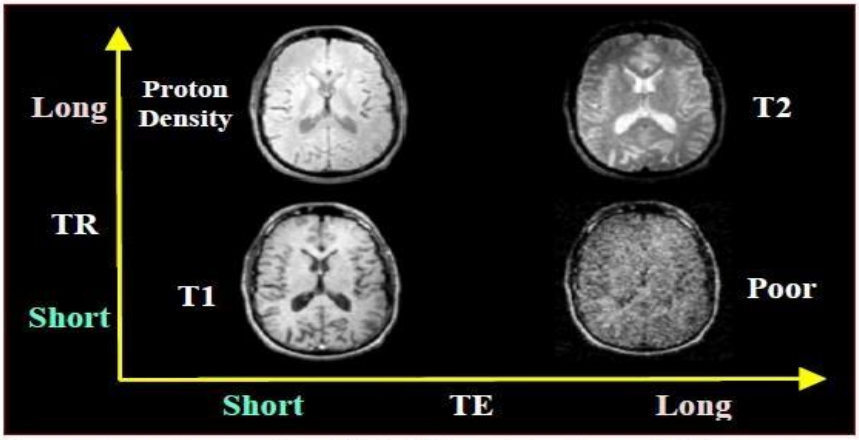

Figure 9.52: Summarize of TR-TE combinations which also shows some brain images impressively demonstrating the effects of relaxation weighting on the contrast.

Another sequence parameter ***affecting the signal to noise ratio is the flip angle***. The flip angle is ***how far the net magnetization has been moved into the transverse plane***. A ***larger flip angle will increase the signal to noise ratio*** because there is more net magnetization being moved into the transverse plane for a better signal. A ***small flip puts less net magnetization*** into the transverse plane so a ***strong signal is not possible***. معلمة تسلسل أخرى تؤثر على نسبة الإشارة إلى الضوضاء هي زاوية الانقلاب. زاوية الانقلاب هي مدى انتقال المغنطة الصافية إلى المستوى المستعرض. ستؤدي زاوية الانقلاب الأكبر إلى زيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء نظرًا لوجود المزيد من المغنطة

الصافية التي يتم نقلها إلى المستوى المستعرض للحصول على إشارة أفضل. يؤدي الانقلاب الصغير إلى تقليل المغنطة الصافية في المستوى المستعرض، لذا لا يمكن الحصول على إشارة قوية.

Number of Acquisitions عدد عمليات الاستحواذ

The NEX, averages, or acquisitions represent how many times the tissue is sampled per TR. ***The number of excitations (NEX) or number of signal averages (NSA)*** denotes ***how many times a signal from a given slice is measured***. The averages control the ***amount of data per line of K-space***. تمثل المتوسطات أو عمليات الاستحواذ عدد المرات التي يتم فيها أخذ عينات من الأنسجة لكل . يشير عدد الإثارات أو عدد متوسطات الإشارة إلى عدد المرات التي يتم فيها قياس الإشارة من شريحة معينة. تتحكم المتوسطات في كمية البيانات لكل سطر من المساحة.

If the ***averages are doubled***, the ***data is doubled***, so an ***increase occurs in the signal to noise ratio***. إذا تضاعفت المتوسطات، يتم مضاعفة البيانات، لذلك تحدث زيادة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء.

Increasing the averages when using a low field strength magnet is necessary to maintain signal to noise ratio. The SNR, which is ***proportional to the square root of the NEX, improves as the NEX increases***, but ***scan time also increases linearly*** with the NEX. ***Doubling the NEX*** or averages increases the signal to noise ratio (***NSR) by the square root of 2 or by 1.44 times***. من الضروري زيادة المتوسطات عند استخدام مغناطيس منخفض القوة للحفاظ على نسبة الإشارة إلى الضوضاء. يتحسن ، الذي يتناسب مع الجذر التربيعي للزيادة، ولكن وقت المسح يزداد أيضًا خطيًا مع . تؤدي مضاعفة أو المتوسطات إلى زيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء بواسطة الجذر التربيعي لـ 2 أو بمقدار 1.44 مرة.

Manipulating the NEX or averages is therefore ***not the best way to increase the signal to noise ratio and the contrast resolution***. ***Increasing the NEX also increases the scan time*** and allow ***motion artifacts to appear*** on the images. وبالتالي فإن معالجة المتوسطات أو ليست أفضل طريقة لزيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء ودقة التباين. تؤدي زيادة أيضًا إلى زيادة وقت المسح والسماح بظهور آثار الحركة على الصور.

A parameter that ***is not often manipulated*** to increase image quality is the receive bandwidth. The receive bandwidth is the range of frequencies sampled by and during the readout gradient application. If the ***receive bandwidth is decreased***, the ***signal to noise ratio is increased*** because ***less noise*** is picked up inherently by the readout gradient. المعلمة التي لا يتم معالجتها غالبًا لزيادة جودة الصورة هي عرض النطاق الترددي المتلقي. عرض النطاق الترددي المتلقي هو نطاق الترددات التي تم أخذ عينات منها بواسطة تطبيق تدرج القراءة وأثناءه. إذا انخفض عرض النطاق الترددي للاستقبال، تزداد نسبة الإشارة إلى الضوضاء لأنه يتم التقاط ضوضاء أقل بطبيعتها عن طريق تدرج القراءة.

If the ***receive bandwidth*** is ***cut by a half***, the ***signal to noise ratio is increased by forty percent***. However, the sampling time, or the ***time the readout*** gradient is left on, must be ***increased***. A ***decreased bandwidth*** also could ***increase the minimum TE*** that can be chosen because of the increased time the readout gradient is left on. The readout or ***frequency encoding gradient is turned on usually during the re-phasing***, peak, and dephasing cycle of the echo or signal. If the readout or ***frequency gradient*** must be left on ***longer, then a short, short TE cannot be used*** because all of these pieces of the cycle have to occur. A ***decreased receive bandwidth increases signal to noise and also contrast resolution***. إذا تم قطع عرض النطاق الترددي للاستقبال بمقدار النصف، تزداد نسبة الإشارة إلى الضوضاء بنسبة أربعين بالمائة. ومع ذلك، يجب زيادة وقت أخذ العينات، أو الوقت الذي يتم فيه ترك تدرج القراءة. قد يؤدي انخفاض عرض النطاق الترددي أيضًا إلى زيادة الحد الأدنى الذي يمكن اختياره بسبب زيادة الوقت الذي يتم فيه ترك تدرج القراءة. يتم تشغيل تدرج القراءة أو تشفير التردد عادةً أثناء دورة إعادة الطور والذروة وإزالة الطور للصدى أو الإشارة. إذا كان يجب ترك القراءة أو تدرج التردد لفترة أطول، فلا يمكن استخدام اختصار قصير لأن كل هذه الأجزاء من الدورة يجب أن تحدث. يؤدي انخفاض عرض النطاق الترددي للاستقبال إلى زيادة الإشارة إلى الضوضاء وكذلك دقة التباين.

Field of View

There is a close relationship between ***field of view (FOV) and SNR***. When ***matrix size*** is held ***constant***, the ***FOV determines the size of the pixels***. ***Pixel size in the frequency***encoding direction is calculated as: هناك علاقة وثيقة بين مجال الرؤية وعندما يظل حجم المصفوفة ثابتًا، فإن حجم البكسل يحدده. يتم حساب حجم البكسل في اتجاه تشفير التردد على النحو التالي:

FOV in mm divided by the matrix in the frequency-encoding direction

Pixel size in the phase-encoding direction is calculated as: مجال الرؤية بالمليمتر مقسومًا على المصفوفة في اتجاه تشفير التردد يتم حساب حجم البكسل في اتجاه تشفير الطور على النحو التالي:

FOV in mm divided by the matrix in the phase-encoding direction. مجال الرؤية بالمليمتر مقسومًا على المصفوفة في اتجاه ترميز الطور.

Another limiting factor is image acquisition or ***scan time***, which ***increases in direct proportion to the matrix size***. Scan ***time is the key to the economic efficiency*** of all MR systems and can be calculated by a simple equation. هناك عامل مقيد آخر وهو الحصول على الصور أو وقت المسح الضوئي، والذي يزيد بشكل مباشر مع حجم المصفوفة. يعد وقت المسح هو مفتاح الكفاءة الاقتصادية لجميع الأنظمة ويمكن حسابه بمعادلة بسيطة.

Scan time = TR × number of phase-encoding steps × number of signal averages (NSA) [echo train length (ETL)].

Selection of the Transmit and Receive Coil (RF Coil)

Surface coils are pads or pieces of equipment that are placed next to a body part in order to enhance ***signal from the tissue***. The ***correct size of the coil must match the size of the body part*** to be imaged in order ***for optimal image quality***. الملفات السطحية عبارة عن وسادات أو قطع من المعدات يتم وضعها بجوار جزء من الجسم لتعزيز الإشارة من الأنسجة. يجب أن يتطابق الحجم الصحيح للملف مع حجم جزء الجسم المراد تصويره للحصول على جودة الصورة المثالية.

Quadrature coils have a better signal to noise than most because it is made up of ***two receiver coils to get the signal with***. تتمتع الملفات التربيعية بإشارة أفضل للضوضاء من معظمها لأنها تتكون من ملفين استقبال للحصول على الإشارة بهما.

Surface coils in general ***increase signal to noise as well as contrast resolution if used properly***. تعمل الملفات السطحية بشكل عام على زيادة الإشارة إلى الضوضاء بالإضافة إلى دقة التباين إذا تم استخدامها بشكل صحيح.

The ***most beneficial ways to increase SNR and contrast resolution*** in MR images is the use of: الطرق الأكثر فائدة لزيادة دقة التباين في صور الرنين المغناطيسي هي استخدام:

1. ***spin echo imaging,***
2. ***long TR and short TE,***
3. ***coarse matrices with a large field of view,***
4. ***thick slices, and***
5. ***increased NEX or acquisitions.***

1. التصوير بالصدى الدوراني، 2. الطويل والقصير، 3. المصفوفات الخشنة ذات مجال رؤية كبير، 4. شرائح سميكة، 5. زيادة أو استحواذ.

By:Mohammed Jabbar Hussein