الفصل الرابع عشر

تصوير الرنين المغناطيسي الإكلينيكي ذو المجال العالي
High Field Clinical MR Imaging

لقد حدثت تطورات مثيرة وملحوظة في تصوير الرنين المغناطيسي الطبي في السنوات الأخيرة. تتراوح شدة المجال المغناطيسي المستخدمة في التصوير الطبي الإكلينيكي العادي من ٠,٢ حتى ١,٥ T. على مدى السنين الأخيرة، أصبح من الشائع استخدام المجالات ذات الشدة العالية في هذه الأنظمة، وخاصة في مراكز البحث. وفي نفس الوقت، إزداد أيضاً الاهتمام بالتصوير الطبي باستخدام شدة مجال 3T. إن البيانات المتاحة توحي بأن المجالات المغناطيسية فوق 2T ليس لها أي أضرار على المرضى. أقصى شدة مجال معتمدة من هيئة الدواء والطعام الأمريكية FDA للتطبيقات الإكلينيكية العادية هي 4T. تتركز الاهتمامات السريرية الحالية على الماسحات ذات الشدة 3T على الرغم من أنه من المؤكد إمكانية استخدام مجالات ذات شدة أعلى لفحص المرضى في المستقبل. وفي إطار الدراسات العلمية، فإنه بالفعل قد تم استخدام ماسحات رنين مغناطيسي تعمل عند 7T على الأنسان.

لا تختلف ماكينات التصوير ذات الشدة 3T المتاحة تجارياً هذه الأيام عن نظيرتها ذات الشدة 1.5T من حيث التركيب. كل هذه الماسحات مثلها مثل أنظمة تصوير الرنين المغناطيسي التي تعمل عند شدة مجال 1.5T أو حتى الأقل شدة.

من أقوى الحجج التي تفضل الانتقال إلى المجالات ذات الشدة العالية هي الزيادة في نسبة الإشارة للضوضاء SNR والتي تزيد تقريباً مع زيادة شدة المجال.

نظرياً، فإن نسبة الإشارة للضوضاء SNR تتضاعف عند شدة المجال 3T بالمقارنة عند الشدة ١,٥ T. التحسن في نسبة الإشارة للضوضاء SNR التي يتم الحصول عليها في الماسحات ذات المجال العالي يمكن استخدامها لتحسين التباين المكاني أو تقليل زمن التصوير. إن التباين المكاني المحسن والذي من الممكن أن يسمح بتقييم تشريحي أفضل لا يعرض حتى الآن بطريقة كافية في حال التصوير بالرنين المغناطيسي. على الجانب الآخر، فإن قصر زمن المسح سيسمح لأنظمة مسح الرنين المغناطيسي بأن تعمل بطريقة أكثر اقتصادية حيث يمكن فحص مرضى أكثر. في النهاية، فإن التصوير عند شدة مجال 3T أو حتى أعلى ستؤدي بقوة لتحسين التطبيقات الأكثر تطوراً أو الأكثر تعقيداً للتصوير بالرنين المغناطيسي مثل التصوير الوظيفي (التصوير الطيفي spectroscopy أو التصوير بالرش وغير ذلك).

الخلاصة هي أن تصوير الرنين المغناطيسي بالمجالات العالية له مميزاته وعيوبه التي يجب أن يكون المستخدم على دراية بها عندما ينتقل إلى مثل هذه التقنية الجديدة.

(١,١٤) تباين الأنسجة Tissue Contrast

إن شدة المجال العالية تغير من أزمنة التراخي T1 و T2 للأنسجة البيولوجية. الزمن الأول T1 يكون في العادة أطول عند شدة المجال 3T بالمقارنة بالشدة 1.5T بينما يكون الزمن الثاني T2 أقصر. إن ذلك يعني أنه لابد من ضبط أزمنة التكرار TRs وأزمنة الصدى TEs لتتابعات النبضات المختلفة عند الرغبة في استخدامها في الماسحات ذات الشدة 3T. بالنسبة لتتابعات صدى المغازل وتتابعات صدى المغازل السريع، فإنه يكون هناك حاجة لزمن تكرار TR أطول عند الشدة 3T للحصول على تباين مماثل كما في حال الشدة 1.5 T. على العكس من ذلك، فإن زمن الصدى TE يجب أن يكون إلى حد ما أقصر من أجل تعويض الطول في أزمنة التراخي T1 عند شدة المجال 3T.

(١٤ , ٢) القابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility

إن تأثيرات القابلية (المقطع ١٣ , ٤) تزداد طردياً مع شدة مجال المغناطيس. كنتيجة لذلك، فإن تشويه الصورة من الممكن أن يزداد مما يقلل من جودة الصورة بالذات عند استخدام تتابعات انحدار الصدى GRE. وعلى العكس من ذلك، فإن تأثيرات القابلية الأقوى من الممكن أن تكون لها مميزات ذات علاقة بتقنيات أخرى للرنين المغناطيسي مثل التصوير بالرش (المقطع ١١ , ٢) حيث تشارك في تباين الصورة.

(١٤ , ٣) الإزاحة الكيميائية Chemical Shift

تزداد الإزاحة الكيميائية بالهرتز Hz طردياً مع شدة المجال المغناطيسي. إن الإزاحة الكيميائية الأكبر تكون لها مميزات في التصوير الطيفي حيث تكون خطوط الطيف أكثر انتشاراً أو اتساعاً. إن هذا يحسن التباين الطيفي وتمييز القمم الخاصة بالماء والدهون، مما يؤدى بدوره إلى ضبط أفضل لنبضة الاختيار الترددي RF لإخماد الدهون. ويمكن تنفيذ التصوير الطيفي بالرنين المغناطيسي عند شدة مجال 3T بأحجام مسح أصغر، ومن ثم تقليل التلوث أو الإفساد للطيف القادم من خارج مساحة الاهتمام.

(١٤ , ٤) امتصاص ترددات الراديو Radiofrequency (RF) Absorption

إن كمية الطاقة التي يتم امتصاصها في الجسم عن طريق مجال ترددات الراديو RF تتناسب طردياً مع مربع شدة هذا المجال ولذلك تكون مؤثرة بدرجة كبيرة للماسحات ذات المجالات العالية الشدة. لذلك يمكن الوصول لحد التشبع لامتصاص الطاقة في الجسم (أساساً تكون في صورة حرارة) بسهولة، والذى يحدد بمعدل الامتصاص النوعي specific absorption rate(SAR). إن هذا سيحد من أزمنة المسح التي تكون معقولة نظريا في الماسحات ذات المجال العالي حيث لابد من إبطاء تتابع النبضات

الممكنة لمنع السخونة الزائدة. هذه القيود يجب أن توضع نصب أعيننا عند استخدام تتابعات مكيفة بدقة للشدة T 1.5 مع الماسحات ذات الشدة 3T. بالتحديد، فإن أربع مرات من طاقة ترددات الراديو RF يجب تطبيقها لكل وحدة زمنية للحصول على نفس زاوية الانقلاب عند الشدة 3T مثل عند الشدة 1.5T. إن أي تتابع له عرض نبضة ومقدار نبضة محددان بدقة بحيث تكون الطاقة الممتصة تماما تحت حد التشبع معدل الامتصاص النوعي SAR عند الشدة 1.5T ستتخطى الحد الأعلى عند الشدة 3T. إن هذا سيقيد من استخدام التتابعات التي لها حدود تشبع معدل الامتصاص النوعي SAR عالية مثل تتابعات الصدى المغزلي SE و الصدى المغزلي السريع FSE.

هناك إستراتيجيات مختلفة متاحة لتقليل حد التشبع الكلي لمعدل الامتصاص النوعي SAR. طريقة واعدة هي باستخدام تتابع من زوايا إنقلاب مختلفة variable flip angle (VFA)، والتي تختلف في كل من حجمها والتباعد الزمني بينها. هذه الطريقة VFA تكون مصحوبة بتعرض أقل للطاقة لأن الفترة القصيرة بين نبضتي التركيز تقلل من الزمن الكلي للمسح بينما تبقى إشارة الرنين المغناطيسي الناتجة كما هي. وتقنية أخرى واعدة هي التصوير المتوازي (الفصل العاشر)، والتي تقلل طاقة ترددات الراديو RF الممتصة عن طريق تطبيق نبضات تركيز أقل لكل تتابع صدى بينما يتم الحفاظ على زمن الصدى ثابتاً.