

نکته آموزشی: چگونه تفکیک روی کمینه TE اثر دارد

تفکیک با اندازه واکسل کنترل می شود. برای رسیدن به یک واکسل کوچک و بنابراین تفکیک

خوب، لازم است برش های نازک، یک FOV کوچک و یک ماتریس ظریف استفاده کنیم.

- ضخامت برش با شیب گرادیان انتخاب برش تعیین می شود. بنابراین برای به دست آوردن

برش های نازک شیب گرادیان انتخاب برش باید عمیق باشد.

- اندازه FOV با شیب گرادیان فرکانس تعیین می شود. برای به دست آوردن یک FOV

کوچک، شیب گرادیان کدگذار فرکانس باید عمیق باشد.

- اندازه ماتریس در جهت فاز با تعداد کدگذاری های فاز انجام شده تعیین می شود. برای به

دست آوردن یک ماتریس ظریف نسبت بالایی از شیب های گرادیان کدگذار فاز عمیق

هستند.

اگر شیب های گرادیان در یک دنباله پالس باید عمیق باشد به این دلیل که برش های نازک،

ماتریس ظریف یا یک FOV کوچک انتخاب شده است، زمان صعود آنها بزرگتر می شود.

زمان صعود یک گرادیان زمان لازم برای رسیدن به شیب صحیح است. شیب های عمیق گرادیان نسبت به شیب های کم عمق گرادیان به زمان صعود بالاتری منجر می شود. این سبب می شود کمینه TE افزایش یابد چون سیستم نمی تواند سیگنال را جمع آوری کند تا زمانی که تمام عملکردهای گرادیان کامل شود. یک FOV کوچک، برش های نازک، و ماتریس های ظریف کمینه TE را افزایش می دهند و در نتیجه تعداد کمتری برش قابل دسترس خواهد بود. اگر TE افزایش یابد، انتخاب و کدگذاری هر برش بیشتر طول می کشد و بنابراین در یک TR معین برش های کمتری را می توان تهیه کرد. برخی سیستم ها با افزایش TR این راجبران می کنند به طوری که بتوان تمام برش های انتخاب شده را به دست آورد. سیستم های دیگر TR را تغییر نمی دهند بلکه برش ها را در دو دستیابی یا دو بسته قرار می دهند.

زمان اسکن

زمان اسکن زمان تکمیل داده ها یا زمان پر شدن فضای K است. زمان های اسکن در برقراری کیفیت تصویر اهمیت دارند، چون زمان های اسکن طولانی احتمال حرکت بیمار را در حین دستیابی بیشتر می کند. هر حرکت بیمار احتمالاً تصاویر را تخریب می کند. چون برش های متعددی در حین یک

دستیابی حجمی دو بعدی و سه بعدی انتخاب می شوند، حرکت در حین این نوع دستیابی ها روی تمام برش ها تاثیر می گذارد. در حین یک دستیابی ترتیبی، حرکت بیمار فقط آن برش هایی را تحت تاثیر قرار می دهد که در حین حرکت بیمار دستیابی می شوند.

خلاصه

برای کاهش احتمال حرکت بیمار، زمان اسکن همیشه باید تا حد امکان کوتاه باشد، برای نیل به کوتاهترین زمان اسکن:

- از کوتاهترین TR ممکن استفاده کنید
- از درشت ترین ماتریس ممکن استفاده کنید
- NEX را به حداقل کاهش دهید

SNR متناسب است با:

- مساحت پیکسل تقسیم بر FOV به توان دو
- ضخامت برش

• دانسیته پروتونی

• \sqrt{NEX}

• تعداد کدگذار $\frac{1}{\sqrt{Nx}}$

• $\frac{1}{\sqrt{Ny}}$

• $\frac{1}{BW}$

• TE,TR و زاویه فلیپ

تفکیک فضایی تعیین می شود با:

• FOV

• اندازه ماتریس

• ضخامت برش

زمان اسکن متناسب است با:

• TR

• تعداد کدگذاری های فاز

• NEX

موازنه ها

احتمالا اکنون واضح است که وقتی پارامترهایی را در یک دنباله پالس انتخاب می کنیم موازنه های بسیاری وجود دارد. در حالت ایده آل، یک تصویر SNR بالا، تفکیک فضایی خوب و در یک زمان بسیار کوتاه اسکن به دست می آید. با این حال، این امر ندرتا حاصل می شود چون افزایش یک عامل به ناچار یک یا هر دو عامل دیگر را کاهش می دهد. از این حیث ضروری است که کاربر تمام متغیرهایی که روی پارامترهای کیفیت تصویر موثر هستند و موازنه های مربوطه را کاملا بشناسد.

جدول ۱-۴ نتایج بهینه سازی کیفیت تصویر را ارائه می دهد. جدول ۲-۴ پارامترها و موازنه های همراه با آنها را ارائه می دهد.

جدول ۱-۴: نتایج بهینه سازی کیفیت تصویر

To optimize image	Adjusted parameter	Consequence
Maximize SNR	↑ NEX	↑ scan time
	↓ matrix	↓ scan time (p/matrix)
	-	↓ resolution
	↑ slice thickness	↓ resolution
	↓ receive bandwidth	↑ minimum TE
	-	↑ chemical shift
	↑ FOV	↓ resolution
	↑ TR	↓ T1 weighting
	-	↑ number of slices
	↓ TE	↓ T2 weighting
Maximize resolution (assuming a square FOV)	↓ slice thickness	↓ SNR
	↑ matrix	↓ SNR
	-	↑ scan time (p/matrix)
	↓ FOV	↓ SNR
Minimize scan time	↓ TR	↑ T1 weighting
	-	↓ SNR
	-	↓ number of slices
	↓ phase matrix	↓ resolution
	-	↑ SNR
	↓ NEX	↓ SNR
	-	↑ movement artefact
	↓ slice number in volume imaging	↓ SNR

جدول ۲-۴: پارامترها و موازنه های همراه آنها

Parameter	Benefit	Limitation
TR ↑	↑ SNR	↑ scan time
	↑ number of slices	↓ T1 weighting
TR ↓	↓ scan time	↓ SNR
	↑ T1 weighting	↓ number of slices
TE ↑	↑ T2 weighting	↓ SNR
TE ↓	↑ SNR	↓ T2 weighting
NEX ↑	↑ SNR	↑ scan time
	↑ signal averaging	
NEX ↓	↓ scan time	↓ SNR
		↓ signal averaging
Slice thickness ↑	↑ SNR	↓ resolution
	↑ coverage	↑ partial voluming
Slice thickness ↓	↑ resolution	↓ SNR
	↓ partial voluming	↓ coverage
FOV ↑	↑ SNR	↓ resolution
	↑ coverage	
	↓ aliasing (pFOV)	
FOV ↓	↑ resolution	↓ SNR
		↓ coverage
		↑ aliasing (pFOV)
(p)Matrix ↑	↑ resolution	↑ scan time
		↓ SNR if pixel small
(p)Matrix ↓	↓ scan time	↓ resolution
	↑ SNR if pixel large	
Receive bandwidth ↑	↓ chemical shift	↓ SNR
	↓ minimum TE	

Receive bandwidth ↓	↑ SNR	↑ chemical shift
		↑ minimum TE
Large coil	↑ area of received signal	↓ SNR
		sensitive to artefacts
		aliasing with small FOV
Small coil	↑ SNR	↓ area of received signal
	less sensitive to artefacts	
	less prone to aliasing with small FOV	

تصمیم گیری

تصمیمات گرفته شده هنگام تنظیم یک دنباله پالس، به ناحیه تحت آزمون، شرایط و همکاری بیمار و ظرفیت پذیرش بالینی بستگی دارد. در حقیقت هیچ قانونی در MRI وجود ندارد. هنگام سعی در یادگیری، می تواند بسیار ناامید کننده باشد، اما در ضمن موضوع را جالب و چالش آور می کند. هر مرکزی پروتکل هایی دارد که با همکاری سازنده با رادیولوژیست برقرار شده است. با این حال چند نکته برای بهینه سازی کیفیت تصویر ارائه می دهیم.

- همیشه کویل صحیح را انتخاب کنید و آن را در وضعیت درست قرار دهید. این اغلب سبب تفاوت بین یک آزمون با کیفیت خوب و کیفیت بد است.
- مطمئن شوید بیمار راحت است. این امر بسیار مهم است چون احتمال حرکت وی وقتی ناراحت باشد بیشتر می شود. تا حد امکان بیمار را بدون حرکت سازید.
- پیش از اسکن سعی کنید از جانب رادیولوژیست مطمئن شوید که چه دنباله هایی ضروری است.
- صفحه اسکن، نوع دنباله پالس و وزن مورد نیاز معمولاً (ولی نه همیشه) توسط رادیولوژیست تصمیم گیری می شود. از نظر ما، SNR مهمترین عامل کیفیت تصویر است. در تصویری با تفکیک فضایی خوب اما با SNR ضعیف چیز زیادی مشاهده نمی شود. با این حال، گاهی تفکیک فضایی خوب حیاتی است اما اگر SNR پایین باشد، تصویر کیفیت ضعیفی دارد و مزیت تفکیک فضایی خوب از دست می رود.
- بسیار مهم است که زمان اسکن را تا حد امکان کوتاه نگه داریم. مجدداً تصویری با SNR و تفکیک فضایی خوب اگر آنقدر طول بکشد که بیمار در حین اسکن حرکت کند ارزشی ندارد. به یاد داشته

باشید، نه فقط افراد بی قرار، هر بیماری ممکن است حرکت کند. هرچه مدت دراز کشیدن بیمار روی تخت طولانی تر شود احتمال حرکت وی نیز بیشتر می شود.

در بیشتر مراکز، پروتکل های انتخاب شده به خوبی کار می کنند و رادیولوژیست ها از تنظیم بودن پارامترها راضی هستند. با این حال ارزشمند است به خاطر داشته باشید که، برای مثال تغییر یک میلیمتر در ضخامت برش می تواند، بدون کاهش قابل توجه در تفکیک فضایی، همه چیز را در جهت بهبود SNR متفاوت کند، همچنین به خاطر داشته باشید همین طور که اندازه FOV کاهش می یابد، ابعاد پیکسل در طول هر دو محور کاهش می یابد. تحت این شرایط، FOV مهمترین عامل بالقوه SNR است. استفاده از یک FOV برابر با ۱۶ سانتیمتر به جای FOV برابر با ۸ سانتی متر می تواند در برقرار داشتن SNR اهمیت زیادی داشته باشد.

اگر ناحیه تحت آزمون به طور ذاتی سیگنال خوبی دارد مثل مغز و کویل صحیح انتخاب شده باشد، معمولاً این امکان وجود دارد که از یک ماتریس ظریف و NEX کمتر استفاده شود تا تصاویری با کیفیت خوب از نظر SNR و تفکیک فضایی در کمترین زمان به دست آید. با این حال، هنگام آزمون ناحیه ای با سیگنال ذاتی پایین مثلاً ریه ها انتخاب NEX بیشتر و ماتریس درشت تر ضروری

است. سعی کنید این کارها را انجام دهید و زمان اسکن را تا حد امکان پایین نگه دارید. معمولاً

استفاده از دنباله هایی که هر کدام ۳۰ دقیقه طول می کشد عملی نیست.

MRI in Practice, Chapter4: By Catherine Westbrook, 2006

مرجع: