

پالس سکانس های گرادیان-اکو

تصویربرداری اکو پلنار (Echo Planar Imaging (EPI))

همانطور که در تصویربرداری اسپین اکو سریع نشان داده شد، زمان اسکن با پر کردن بیش از یک خط از فضای K بصورت یکباره، می تواند بطور قابل توجهی کاهش داده شود. با در نظر گرفتن این مفهوم با وجود محدودیت ها، سریعترین زمان اسکن قابل انجام، زمانی است که همه خطوط در حین یکبار تکرار پر شوند. این مساله پایه و اساس EPI است. تکنیک EPI روش تصویربرداری MRI است که همه داده های موردنیاز برای پر کردن همه خطوط فضای K از یک قطار اکو منفرد را جمع آوری می کند. برای رسیدن به این مسأله، اکوهای متعددی تولید می شوند و هر یک از آنها با شیب متفاوتی از گرادیان برای پر کردن همه خطوط موردنیاز فضای K در یک بازه زمانی TR خاص، انکدینگ فاز می شوند. بطور مثال، اگر یک ماتریس فاز 128 موردنیاز باشد، پس یک قطار اکو متشکل از ۱۲۸ اکو تولید می شود و بصورت مجزا انکدینگ فاز می شود تا ۱۲۸ خط از فضای K را در یک پریود TR خاص پر کند. برای پر کردن کل فضای K در یکبار تکرار، گرادیان

های خوانش^۱ و انکدینگ فاز می بایست با سرعت زیاد روشن و خاموش شوند و جهت عوض کنند (فصل ۳ را ببینید). این مساله پایه تصویربرداری تک شات^۲ (مانند آنچه در FSE تک شات استفاده می شود) و EPI را تشکیل می دهد.

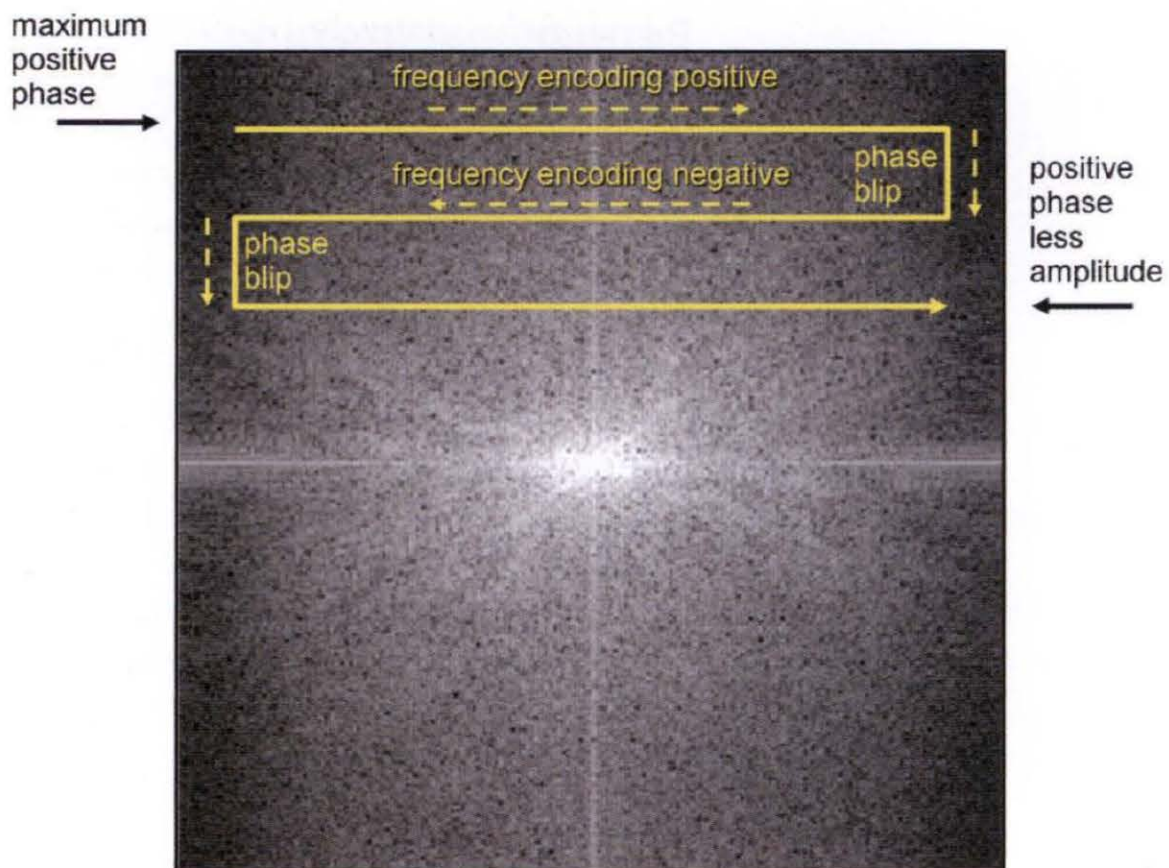
پس از روشن کردن فضای K بدین روش می بایست همراه با روشن و خاموش کردن سریع گرادیان خوانش از مثبت به منفی باشد: بطور مثبت برای پر کردن یک خط از فضای K از چپ به راست و بطور منفی برای پر کردن یک خط از راست به چپ. این تغییر سریع در پلاریته گرادیان همچنین باعث همفازی دوباره (FID rephase) ایجاد شده پس از اعمال پالس تحریک می شود تا گرادیان اکوها را درون قطار اکو ایجاد کند. چون گرادیان خوانش پلاریته را به سرعت تغییر می دهد، میگویند که نوسان می کند.

بعلاوه، گرادیان فاز نیز می بایست به سرعت روشن و خاموش شود ولی پلاریته آن لزومی ندارد در این نوع پر کردن فضای K تغییر کند. اولین اعمال گرادیان فاز، بیشینه مثبت است تا بالاترین خط از فضای K را پر کند. دومین اعمال گرادیان (برای انکد کردن اکوی بعدی در قطار اکو) همچنین مثبت است ولی مقدار آن کمی کمتر است و در نتیجه، خط بعدی پایین تر از خط قبل پر می شود.

^۱ readout

^۲ Single shot

این روند تا وقتی که به مرکز فضای K برسیم تکرار می شود و در آنجا گرادیان فاز، به پلاریته منفی تغییر میکند تا خطوط زیرین را پر کند. مقدار بصورت تدریجی تا وقتی که پلاریته ماکزیمم منفی به دست آید، ادامه می یابد و خطوط زیرین فضای K را پر می کند. این نوع تغییر گرادیان "blipping" نام دارد (شکل ۵-۴۴). این گونه تصویربرداری تک شات (single shot imaging) ساده ترین نوع است، و با اینکه همه خطوط در تنها یک TR پر می شوند، خطوط به صورت خطی پر می شوند.



شکل ۵-۴۴- پر شدن فضای K در EPI

پر شدن ماریچی^۳ فضای K در EPI

نوع پیچیده تر پر شدن فضای K در شکل ۵-۴۵ نشان داده شده است. در این کتال، هر دو گرادیان خوانش و فاز پلاریته خود را به سرعت تغییر می دهند و نوسان می کنند. در این نوع ماریچی پر کردن فضای K، گرادیان خوانش نوسان می کند تا خطوط را از چپ به راست و سپس از راست به چپ پر کند، و پر شدن فضای K در مرکز شروع می شود، گرادیان فاز نیز میبایست نوسان کند تا یک خط را در نیمه بالا به دنبال یک خط در نیمه پایین، پر کند. برای درک بهتر این مساله، یک خودکار را در مرکز فضای K روی دیاگرام ۵-۴۵ قرار دهید و همزمان با حرکت دادن خودکار خود، مقدار و پلاریته هر گرادیان را تغییر دهید. در این مثال، خودکار هیچوقت از صفحه جدا نمیشود که نشان می دهد که هیچ TR ای وجود ندارد و همه فضای K با یک بار پر می شود. بقیه انواع پر کردن فضای K بصورت ماریچی یا شعاعی از پر شدن فضای K با پر شدن بهبود یافته خطوط مرکزی اطمینان می یابند. این روش ها شامل موارد زیر می شوند:

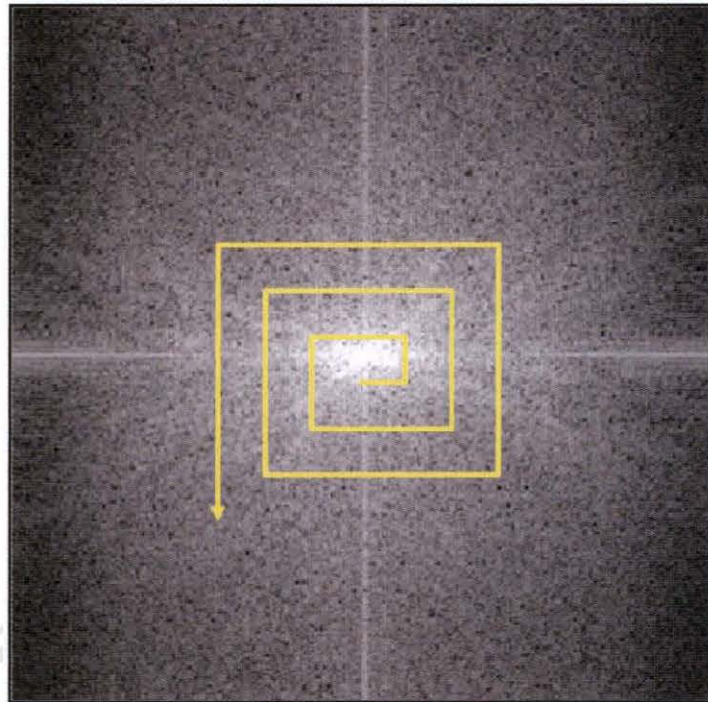
Spiral^۳

• پر شدن فضای K بصورت بیضوی— که در آن قسمت مرکزی بیضی فضای K بصورت

یک بلوک سه بعدی (3D) اخذ می شود

• پر شدن فضای K بصورت پروانه ای— که در آن خطوط بصورت بلوک اخذ می شوند ولی

بعدا چرخش داده می شوند.



شکل ۵-۴۵- پر شدن فضای K بصورت مارپیچی

از آنجایی که همه اکوها می بایست پیش از اینکه مغناطش عرضی به صفر میرا می شود، انکد شوند، تصاویر مقدار قابل توجهی میرایی $T2^*$ خواهند داشت و SNR تقریباً کم است. برای جبران این مساله، فضای K می بایست در بخش (سگمان^۴) ها اخذ شود. به این کار تصویربرداری مالتی-شات^۵ میگویند که در آن داده در چندین گذران TR اخذ می شود. از آنجایی که شیفتم شیمیایی^۶، اعوجاج^۷ و محوشدگی^۸ همگی متناسب با فواصل اکو هستند، آرتیفکت های multi-shot EPI نسبت به single-shot EPI کمتر می شوند. دو روش تصویربرداری multi-shot وجود دارد:

- بخش بندی فضای K توسط تصویربرداری—در این روش یک بخش از فضای K در یک زمان (مثلاً ۴ ربع) تصویربرداری می شود و در نتیجه چهار تحریک و پریود TR وجود دارند. اگر یک ماتریس فاز 128 مورد نیاز باشد، یک فاکتور توربو 32 که ۴ بار تکرار می شود، فضای K پر می شود.

^۴ segment

^۵ Multi-shot imaging

^۶ Chemical Shift

^۷ Distortion

^۸ Blurring

- بخش بندی فضای K توسط اکو—در این روش از یک فاکتور توربو که چندین بار تکرار می شود، استفاده می شود (مثلا فاکتور توربو ۴ به اندازه ۳۲ بار تکرار می شود). داده از اولین اکوها در بالاترین ربع فضای K قرار داده می شود، داده از دومین اکوها در ربع بعدی قرار داده می شوند و به همین ترتیب.

هر دو روش، زمان اسکن را نسبت به روشهای تصویربرداری single-shot افزایش می دهند ولی کیفیت تصاویر را بهبود می دهند.

سکانس های EPI و single-shot محدودیت های خاصی را بر روی گرادیان ها تحمیل می کنند و در نتیجه، اصلاح گرادیان مورد نیاز است که هزینه گزافی دارد. نرخ های شیب گرادیان ها می بایست در حدود ۴ برابر گرادیان های متداول باشد (فصل ۹). دو نوع اصلاحات برای ذخیره قدرت گرادینی می توان استفاده کرد:

- ذخیره قدرت رزونانسی^۹ که اجازه می دهد گرادیان های خوانش و فاز با فرکانس یکسانی نوسان کنند و خرج گرادیان را کم می کند. عیب این روش این است که تنها در فرکانس

^۹ Resonant power supply

و مقدار خاصی می توانند رزونانس کنند. در عمل، این بدان معنی است که گرادیان ها تنها می توانند برای سکانس های EPI استفاده شوند و در نتیجه، سیستم دو ذخیره قدرت نیاز دارد: یکی برای EPI و یکی برای تصویربرداری متداول.

- ذخیره قدرت غیر رزونانسی^۱ هر شکل موج گرادیان را تولید می کند و در نتیجه هر دو سکانس EPI و متداول (conventional) می توانند از ذخیره قدرت یکسانی استفاده کنند. این مساله بطور قابل توجهی هزینه را کاهش می دهد ولی مشخصات گرادیان ها را نیز کاهش می دهد زیرا گرادیان ها می بایسن با هر دو سکانس بتوانند سازگار باشند.

MRI in Practice, Chapter 5: By Catherine Westbrook, 2006

مرجع:

^۱ Non-resonant Power Supply