

پالس سکانس های گرادیان-اکو

پالس سکانس شرایط ماندگار با حرکت تقدیمی آزاد (SSFP)^۱

مکانیسم

در سکانس های گرادیان اکو، زمان TE به اندازه کافی برای اندازه گیری زمان T2 بافت ها بلند نیست زیرا TE با حداقل مقدار ۷۰ ms برای اخذ T2 بافتها لازم است. بعلاوه، دوباره همفاز کردن گرادیان آنقدر غیرموثر است که هر اکویی با اثرات T2* مغلوب می شود و در نتیجه، وزندهی T2 قابل دستیابی نیست. سکانس SSFP به این مشکل با گرفتن تصاویری که دارای TE به اندازه کافی طولانی و T2* کمتر از دیگر سکانس های شرایط ماندگار، فائق می آید. این کار به نحوی که در ادامه مطرح می شود قابل انجام است.

همانطور که قبلا توضیح داده شد، هر پالس RF صرفنظر از مقدار کلی آن دارای انرژی هایی است که به اندازه کافی مقدار برای دوباره همفاز کردن اسپین ها دارند و یک اکوی تحریک شده^۲ ایجاد

^۱ Steady state free precession (SSFP)

^۲ Stimulated echo

می کنند. با این وجود، در SSFP نیاز است که فرکانس ها را تنها از این اموی تحریک شده دیجیتایز کنیم و نه از FID. برای این منظور، می توان اکوی تحریک شده را تغییر مکان داد تا همزمان با پالس تحریک بعدی رخ ندهد. این کار با اعمال یک گرادیان بازچرخش^۳ که سرعت فرایند دوباره همفاز سازی را که توسط پالس RF شروع شده است، زیاد می کند؛ بطوریکه اکو تحریک شده در سکانس زودتر رخ می دهد (شکل ۵-۳۱). اکوی حاصل وزندهی T2 واقعی بیشتری از خود نسبت به سکانس های گرادیان اکو متداول نشان می دهد. این بدان علت است که:

اکنون TE از TR بلندتر است. در SSFP دو TE معمولاً وجود دارند. "TE واقعی"^۴ زمان بین اکو و پالس تحریک بعدی است. "TE مؤثر"^۵، زمان بین اکو تا پالس تحریک است که FID را تولید کرده است. در نتیجه:

$$\text{Effective TE} = (2 \times \text{TR}) - \text{TE}$$

اگر TR معادل ۵۰ میلی ثانیه و TE برابر ۱۰ میلی ثانیه باشد، در نتیجه:

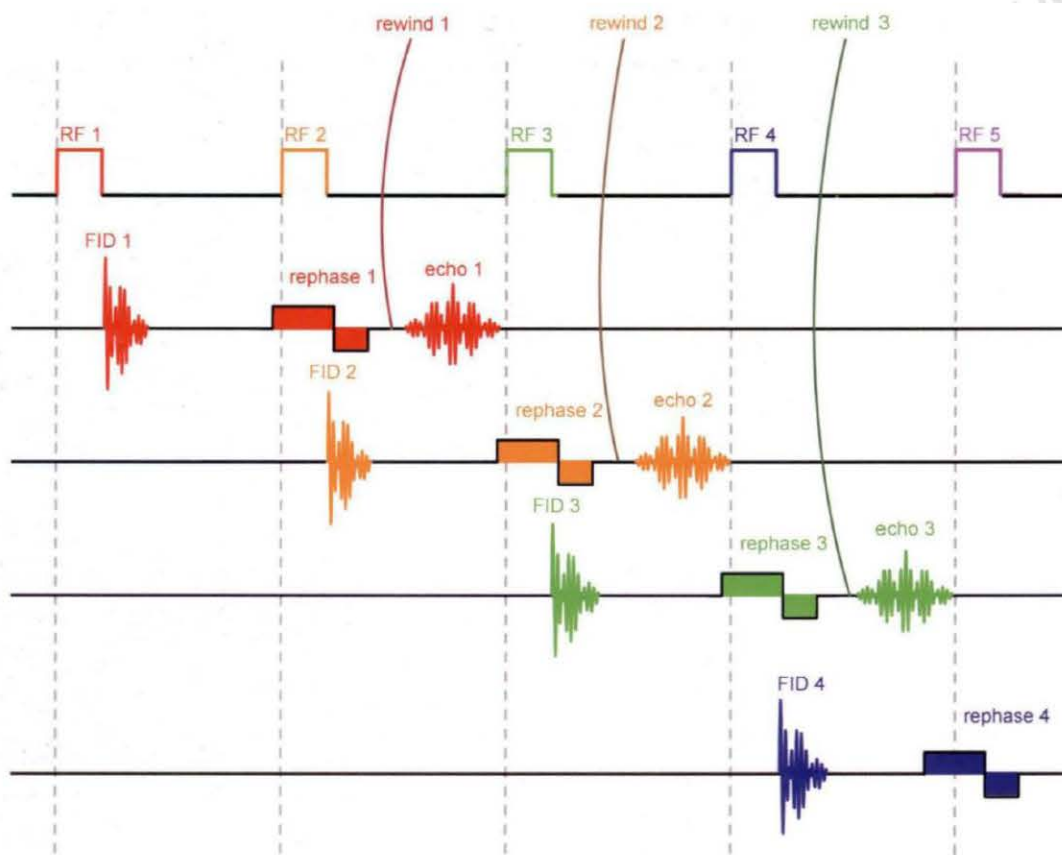
$$\text{Effective TE} = (2 \times 50) - 10 = 90 \text{ ms}$$

Rewinding gradient^۳

Actual TE^۴

Effective TE^۵

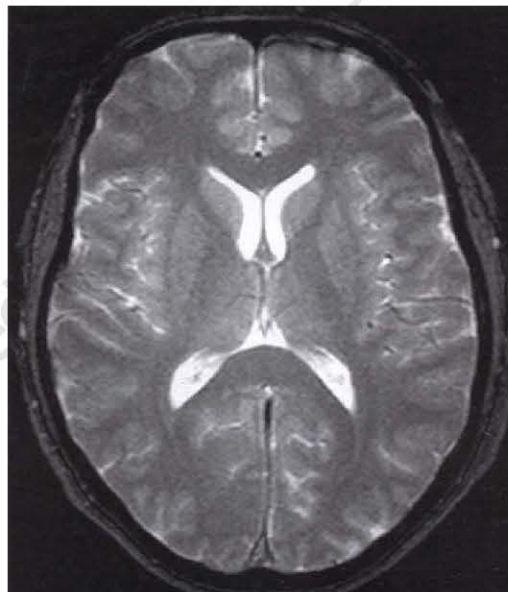
این بدین معنی است که اسپین های داخل اکو ۹۰ میلی ثانیه بین پالس تحریک و بازتولید اکو برای غیرهمفاز شدن فرصت داشته اند. در نتیجه وزندهی T2 حاصل می شود.



شکل ۵-۳۱- سکانس SSFP—توجه کنید که چگونه گرادیان بازچرخشی هر اسپین اکو را تغییر مکان می دهد بطوریکه دیگر در همان زمان بعنوان پالس تحریک رخ نمی دهد بلکه تنها کمی قبل از آن رخ می دهد. در نتیجه می توان آن را روی خودش نمونه برداری کرد و اثرات FID حذف می شود.

کاربردها

سکانس های SSFP برای اخذ تصاویری که وزندهی واقعی T2 را نمایش می دهند به کار می روند (شکل ۵-۳۲). بطور خاص، این سکانس ها در مغز و مفاصل بسیار پرکاربرد هستند و روی بیشتر سیستم ها با تصویربرداری های حجمی 2D و 3D قابل استفاده هستند. با این حال، FSE جای این سکانس را بطور وسیعی گرفته است زیرا وزندهی T2 بهتری در زمان های اسکن کوتاه ایجاد می کند.



شکل ۵-۳۲- تصویر SSFP از مغز

نکته آموزشی: $T2^*$ در مقابل $T2$ واقعی

بسیار مهم است که تفاوت بین عبارت های $T2$ واقعی و $T2^*$ درک شوند. این مساله را می توان در تصویربرداری ستون فقرات سرویکال نشان داد. اگر پاتولوژی مشکوک یک دیسک بیرون زده باشد، استفاده از سکانس گرادیان اکو $T2^*$ مانند گرادیان اکو همگرا مناسب است. دیسک می تواند بصورت دیسک محدب (متورم) با شدت سیگنال کم درون thecal sac ای که با مایع CSF دارای شدت روشنایی زیاد پر شده است نشان داده شود و ایجاد تغییر در مورفولوژی کند (شکل ۵-۳۳). با اینحال اگر پاتولوژی ظریف تر باشد، مثلا برای پلاک کوچک MS درون نخاع، به سکansı که وزندهی واقعی $T2$ دارد مورد نیاز است بطوریکه کنتراست مشاهده شده به تفاضل بین زمان های $T2$ پاتولوژی و طناب نخاعی مجاور بستگی دارد (شکل ۵-۳۴). در این شرایط، بهتر است سکانس های نوع اسپین اکو مانند CSE، FSE، SSFP که از TE های به اندازه کافی طولانی برای اندازه گیری زمان های میرایی $T2$ بافت های موجود استفاده می کنند، به کار روند.



شکل ۵-۳۳- سکانس گرادیان اکو همفاز با وزندهی *T2 ساژیتال از طناب سرویکال. دیسک های بیرون زده

بخوبی قابل مشاهده هستند زیرا thecal sac را برجسته می کنند.



شکل ۵-۳۴- سکانس FSE با وزن T2 ساژیتال از نخاع سرویکال که نشان دهنده پلاک های MS درون طناب

نخاعی است. این پلاک ها ممکن است روی سکانس با وزن $T2^*$ که در آنها TE برای اندازه گیری زمان های

میرایی T2 پاتولوژی و نخاع مجاور به اندازه کافی بلند نیست، مشاهده نشوند.

Parameters

To maintain the steady state:

flip angle	30°–45°
TR	20–50 ms

The actual TE affects the effective TE. The longer the actual TE, the lower the effective TE. Actual TE should therefore be as short as possible.

Average scan time 4–15 min volume acquisition. Some manufacturers suggest decreasing the effective TE to reduce magnetic susceptibility, and increasing the flip angle to create more transverse magnetization, which results in higher SNR.

مزایا:

- بصورت حجمی و دوبعدی قابل اخذ هستند.
- وزندهی T2 واقعی قابل دستیابی است.

معایب:

- دستخوش آرتیفکت می شود
- کیفیت تصویر می تواند پایین باشد
- نویز گرادیان پرصدا است

مرجع:

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