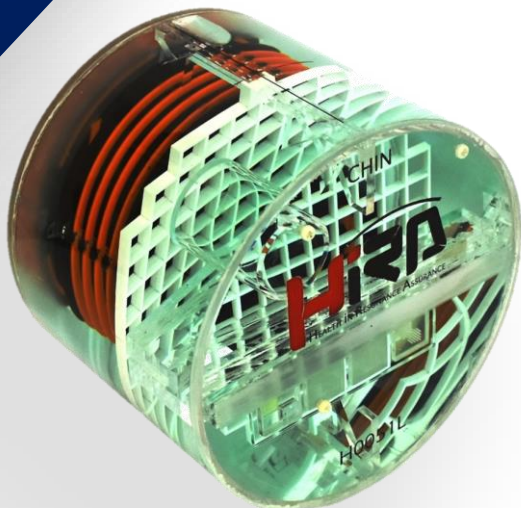


هیرا



به نام خداوند بخشنده مهربان

مقدمه نگارنده

راهنمای پیشرو، بر اساس سند ACR تهیه و تنظیم شده است که مورد تایید/انجمن رادیولوژی آمریکا برای قسمتی از برنامه کنترل کیفی دستگاه‌های MRI می‌باشد. در این راهنما، کار با **فانتوم بزرگ هیبر**، اخذ داده و پردازش آن آموزش داده می‌شود؛ با این حال، درکنار این راهنما، آموزش علمی و عملی توسط متخصصین گروه تحقیقاتی امیرلب اکیدا توصیه می‌شود. اگرچه در تهیه و آماده‌سازی این راهنما سعی و تلاش فراوانی صورت گرفته است، با این وجود، خالی از اشکال نخواهد بود. از این رو، چنانچه با ابهام یا اشتباهی در متن این راهنما مواجه شده‌اید، لطفاً با آدرس ایمیل زیر تماس گرفته تا ضمن رفع ابهام، در نسخه‌های آتی نیز این مهم تصحیح گردد.

با احترام،

گروه تحقیقاتی امیرلب

amirlabta@gmail.com

فهرست مطالب

أ	مقدمه نگارنده	.....
ت	فهرست مطالب	.....
ج	فهرست شکل ها	.....
خ	فهرست اصطلاحات	.....
ذ	استاندارد نام گذاری سه حرفی	.....
۱۱	دیباچه	.....
۱۱	آ- بررسی اجمالی و هدف	.....
۱۲	ب- فانتوم	.....
۱۲	پ- نکات ایمنی در نگهداری از فانتوم	.....
۱۳	ت- تصاویر مورد نیاز	.....
۱۶	ث- تجزیه و تحلیل تصویر	.....
۱۷	ح- تجزیه و تحلیل داده و تماس با ما	.....
۱۸	۱- اندازه گیری های صحت هندسی	.....
۱۸	۱-۱- مقدمه	.....
۱۸	۲-۱- اندازه گیری های لازم برای انجام این آزمون	.....
۲۲	۳-۱- تجزیه و تحلیل اندازه گیری ها	.....
۲۲	۴-۱- معیارهای اقدام پیشنهادی	.....
۲۳	۲- رزولوشن مکانی در کنتراست بالا	.....
۲۳	۱-۲- مقدمه	.....
۲۳	۲-۲- اندازه گیری های لازم برای انجام این آزمون	.....
۲۸	۳-۲- تجزیه و تحلیل اندازه گیری ها	.....
۲۸	۴-۲- معیارهای اقدام پیشنهادی	.....
۲۹	۳- صحت ضخامت اسلایس	.....

۲۹	۱-۳- مقدمه.....
۲۹	۲-۳- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون.....
۳۳	۳-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها.....
۳۴	۴-۳- معیارهای اقدام پیشنهادی.....
۳۵	۴- صحت موقعیت اسلایس
۳۵	۱-۴- مقدمه.....
۳۵	۲-۴- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون.....
۳۸	۳-۴- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها.....
۳۸	۴-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی.....
۴۰	۵- یکنواختی شدت روشنایی تصویر
۴۰	۱-۵- مقدمه.....
۴۰	۲-۵- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون.....
۴۴	۳-۵- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها.....
۴۴	۴-۵- معیارهای اقدام پیشنهادی.....
۴۵	۶- درصد سایه افکنی سیگنال
۴۵	۱-۶- مقدمه.....
۴۵	۲-۶- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون.....
۴۸	۳-۶- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها.....
۴۸	۴-۶- معیارهای اقدام پیشنهادی.....
۴۹	۷- قابلیت آشکارسازی اشیاء در کنتراست کم
۴۹	۱-۷- مقدمه.....
۵۰	۲-۷- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون.....
۵۳	۳-۷- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها.....
۵۳	۴-۷- معیارهای اقدام پیشنهادی.....
۵۴	۸- مشاوره و توصیه‌ها
۵۵	پیوست ۱: فرم داده فانتوم بزرگ هیرا

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۰: مکان‌یاب ساجیتال که مکان ۱۱ اسلایس محوری موردنیاز و جفت گوه‌های ۴۵ درجه را نشان می‌دهد. کلمات «CHIN» و «NOSE» در این تصویر، مکان‌هایی را نشان می‌دهد که همان کلمات بر روی فانتوم حک شده‌اند تا بتوان به کمک آن، فانتوم را به‌مثابه سر در کوپل جایگذاری و تصویربرداری نمود..... ۱۵
- شکل ۱-۱: مکان‌یاب ساجیتال که چگونگی اندازه‌گیری طول انتها-به-انتها (فلش) را نشان می‌دهد..... ۱۹
- شکل ۲-۱: اندازه‌گیری طول قطرها (بالا-به-پایین و چپ-به-راست) در اسلایس ۱ (فلش‌ها)..... ۲۰
- شکل ۳-۱: اندازه‌گیری‌های طول قطرها در اسلایس ۵ (فلش‌ها)..... ۲۰
- شکل ۴-۱: مکان‌یاب ساجیتال را نشان می‌دهد که پهنای پنجره نمایش روی صفر تنظیم شده و سطح پنجره چنان تنظیم شده تا بتوان به‌طور تقریبی میانگین سطح سیگنال را اندازه گرفت..... ۲۱
- شکل ۱-۲: اسلایس شماره ۱ که زیربخش رزولوشن و جفت‌آرایه‌های حفره در آن مشخص شده است..... ۲۵
- شکل ۲-۲: بزرگ‌نمایی مناسب قسمتی از اسلایس ۱ برای ارزیابی بصری رزولوشن مکانی در کنتراست بالا..... ۲۶
- شکل ۳-۲: (آ) نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک‌شده. ردیف‌های ۲ تا ۴ آرایه UL و ستون‌های ۱ تا ۳ آرایه LR تفکیک‌شده هستند (ردیف‌ها و ستون‌ها از گوشه بالا سمت چپ هر آرایه شماره‌گذاری شده‌اند). (ب) نمونه‌ای از ردیف‌ها و ستون‌های تفکیک‌نشده و به‌سختی تفکیک‌شده. ردیف ۲ آرایه UL تفکیک‌شده است زیرا هر ۴ حفره از یکدیگر قابل تشخیص هستند، حتی اگر حفره‌ها در هر یک از انتهای ردیف با همسایگان‌شان در ردیف زیرین محو شوند؛ بنابراین، جهت افقی یا راست-به-چپ در این اندازه حفره به‌صورت تفکیک‌شده نمره‌دهی می‌شود. هیچ‌یک از ستون‌های آرایه LR بیش از ۳ نقطه قابل تشخیص در داخل ستون را نشان نمی‌دهد، بنابراین جهت عمودی یا بالا-به-پایین در این اندازه حفره قابل تفکیک نیست..... ۲۷
- شکل ۱-۳: اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب سیگنال نشان داده شده..... ۳۱
- شکل ۲-۳: منطقه بزرگ‌نمایی شده اسلایس ۱، شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را با ROI‌های جایگذاری برای اندازه‌گیری سیگنال میانگین در شیب‌ها را نشان می‌دهد..... ۳۲
- شکل ۳-۳: قسمت بزرگ‌نمایی شده اسلایس ۱ که شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را نشان می‌دهد. پهنای پنجره نمایش صفر و سطح نمایش، نصف سطح سیگنال میانگین شیب است. اندازه‌گیری طول شیب‌ها، بر روی تصویر نشان داده شده است (خطوط خاکستری)..... ۳۳
- شکل ۱-۴: نمایش تصاویر اسلایس ۱ (آ) و اسلایس ۱۱ (ب) با جفت نوارهای عمودی از گوه‌های متقاطع ۴۵ درجه. روی این تصاویر، اختلاف طول بین نوارهای سمت راست و چپ کم و نمونه‌ای از اسلایس‌های با موقعیت مناسب است..... ۳۷
- شکل ۲-۴: تصاویر اسلایس ۱ که اندازه‌گیری خطای موقعیت اسلایس را نشان می‌دهد. فلش‌ها اختلاف طول نوار را نشان می‌دهد که باید اندازه‌گیری شود. (آ) اگر نوار سمت راست طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه بالاتر (فوقانی) جایگذاری شده است؛ در این صورت به این اختلاف طول نوار، یک مقدار مثبت اختصاص داده می‌شود. (ب) اگر نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین‌تر (تحتانی) قرار گرفته است؛ به این اختلاف طول نوار مقدار منفی اختصاص داده می‌شود..... ۳۸
- شکل ۱-۵: تصویر اسلایس شماره ۷ که اندازه و محل قرار گرفتن ROI بزرگ ۲۰۰ سانتی‌متر مربعی را نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های مربوط به یکنواختی تصویر، داخل مرز مشخص شده انجام می‌گیرد..... ۴۲

شکل ۵-۲: تصویر اسلایس همگن که پنجره گذاری تصویر و قرار دادن ROI های یک سانتی مترمربعی کوچک برای اندازه گیری های یکنواختی تصویر را نشان می دهد. (آ) نمونه ای از پنجره گذاری و قرار دادن ROI برای اندازه گیری مقدار سیگنال پایین. در این مورد مکان مناسب برای قرار دادن ROI کوچک کاملاً مشخص نیست. از این رو، راهنمایی ارائه شده در مرحله ۳ در بالا دنبال شده است. ROI در جایی قرار گرفته است که از نظر بصری بزرگ ترین منطقه تاریک ۱ سانتی مترمربعی در ROI بزرگ تخمین زده می شود. (ب) نمونه ای از پنجره گذاری و قرار دادن ROI برای اندازه گیری مقدار سیگنال بالا. به دنبال راهنمای مرحله ۵ در بالا، ROI در جایی قرار گرفته است که از نظر بصری بزرگ ترین منطقه روشن ۱ سانتی مترمربعی در داخل ROI بزرگ تخمین زده می شود. ۴۳

شکل ۶-۱: تصویر اسلایس همگن که قرار گیری ROI برای اندازه گیری درصد سیگنال سایه افکنی را نشان می دهد. ۴۷

شکل ۷-۱: تصویر اسلایس ۱۱ که دایره اشیاء با کنتراست کم را برای آزمون قابلیت آشکارسازی اشیاء را نشان می دهد. ۵۱

شکل ۷-۲: تصویر بزرگ نما و برش خورده اسلایس ۸ که دایره اشیاء با کنتراست پایین را نشان می دهد. امتیاز در نظر گرفته شده برای این تصویر، ۹ است. ۵۲

فهرست اصطلاحات

کالج رادیولوژی آمریکا، که در سال ۱۹۲۳ تاسیس شد، یک جامعه پزشکی حرفه‌ای شامل تقریباً ۴۰۰۰۰ رادیولوژیست تشخیصی، متخصص انکولوژی پرتوی، رادیولوژیست مداخله‌ای^۱، پزشکان پزشکی هسته‌ای و فیزیکیان پزشکی است.

تضمین کیفیت

کنترل کیفی

بازه ای از مقادیر قابل قبول و معتبر برای پارامترها؛ به طوری که اگر مقادیر خارج از این محدوده باشد، لازم است اقدامات اصلاحی انجام شود. در این بازه آزمون‌های QC حساسیت لازم برای آشکارکردن یک مشکل خاص در کیفیت تصویر را دارند.

توصیه‌ها و اقداماتی که متناسب با نتایج آزمون‌ها باید انجام گیرد.

شخصی که به نمایندگی از شرکت سازنده دستگاه مسؤول راه‌اندازی، تنظیمات دستگاه و ارائه خدمات به مرکز تصویربرداری می‌باشد.

به تصاویر با رزولوشن کم و میدان دید بزرگ اطلاق می‌گردد که با استفاده از یک رشته پالس سریع با زمان اخذ بسیار کم از سه صفحه متعامد اخذ می‌گردد تا با کمک آن بتوان مکان اسلایس‌های موردنظر را که برای تصویربرداری اصلی لازم است مشخص کرد.

نسبت سیگنال به نویز

ACR

American College of Radiology

QA

Quality Assurance

QC

Quality Control

محدوده عملیاتی

Action Limits

اقدام اصلاحی

Corrective Action

مهندس سرویس

Quality Control

مکان‌یاب / مکان‌نما / مکان‌نگار

Localizer

SNR

Signal to Noise Ratio

¹ Interventional Radiologist

نسبت کنتراست به نویز

CNR

Signal to Noise Ratio

هر یک از مجموعه خطوط شعاعی هم محور در یک صفحه دوبعدی

اسپوک / پره

Spoke

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

استاندارد نام‌گذاری سه حرفی

پیشنهاد می‌شود برای افزایش خوانایی داده‌ها و سندهای مربوط به آزمون‌های کنترل کیفی، از استاندارد زیر برای همسان‌سازی اسامی استفاده گردد:

Geometric Accuracy Measurement	GAM	اندازه‌گیری‌های صحت هندسی
High-contrast Spatial Resolution	HCR	رزولوشن مکانی در کنتراست بالا
Slice Thickness Accuracy	STA	صحت ضخامت اسلایس
Slice Position Accuracy	SPA	صحت موقعیت اسلایس
Percent Image Uniformity	PIU	درصد یکنواختی شدت روشنایی تصویر
Percent Signal Ghosting	PSG	درصد سایه افکنی سیگنال
Low-Contrast Detectability	LCD	قابلیت آشکارسازی در کنتراست پایین
ARTifact evaluation	ART	ارزیابی آرتیفکت

HEALTH

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

آ- بررسی اجمالی و هدف

در این راهنما، اطلاعات مربوط به آزمون‌های «فانتوم هیرا»- را که بخشی از برنامه اعتبارسنجی تصویربرداری تشدید مغناطیسی است- گردآوری شده است. هدف اصلی این راهنما این است که مراکز را قادر سازد تا میزان اهمیت آزمون‌هایی از فانتوم را که ناموفق بوده‌اند، درک، برای اصلاح آن اقدام و میزان موفقیت اقدامات اصلاحی را بررسی کنند.

همچنین، این راهنما برای مراکز تهیه گردیده است که تمایل دارند پیش از تسلیم داده اخذ شده به متخصصین مربوطه، بررسی کنند که آیا آزمون‌های فانتوم موفقیت‌آمیز بوده است یا خیر. علاوه بر این، مراکز که تمایل دارند از فانتوم هیرا خود، برای کنترل کیفی و آزمایش عملکرد سیستم تصویربرداری خود استفاده کنند نیز مفید خواهد بود.

مقدمه را با خلاصه‌ای از توصیف فانتوم و داده‌های تصویر اخذ شده برای آزمون‌ها شروع، اصطلاحات مورد استفاده برای ارجاع به تصاویر را معرفی می‌کنیم و آزمون‌هایی را که بخش ارزیابی فرآیند اعتبارسنجی را تشکیل می‌دهد، فهرست خواهیم کرد. پس از آن، در مورد هر آزمون به نوبت بحث کرده، نحوه انجام آن را شرح می‌دهیم، معیار پذیرش آزمون را ارائه کرده، دلایل عمده عدم موفقیت را نام می‌بریم و در مورد اقدامات اصلاحی که ممکن است انجام شود، پیشنهاد مشاوره‌ای ارائه می‌کنیم.

در این راهنما، معیارهای پذیرش به گونه‌ای انتخاب شده است که کمینه سطح عملکردی را که می‌توان از یک سیستم MRI با عملکرد مناسب انتظار داشت برآورده کند. باید توجه داشت، به دلیل اینکه این سطوح عملکرد حداقلی هستند، این معیارها نباید به عنوان شاخص‌های سطح معمول یا طبیعی عملکرد تفسیر شوند.

اطلاعات مربوط به فانتوم، جایگذاری فانتوم و اخذ تصویر، فقط تا آنجا که برای بحث لازم باشد در اینجا آورده شده است.

ب- فانتوم

فانتوم MRI هیرو، یک استوانه کوتاه و توخالی پلاستیک آکرلیک است که در دو انتها بسته شده است. ارتفاع داخلی آن ۱۴۸ میلی‌متر و قطر داخلی آن ۱۹۰ میلی‌متر است. این فانتوم با محلولی از کلرید نیکل و کلرید سدیم پر شده است.

برای کمک به جهت‌گیری و جایگذاری فانتوم داخل اسکنر و برای اینکه این فانتوم مشابه یک سر باشد، در خارج فانتوم کلمات «NOSE» و «CHIN» حک شده است.

در داخل فانتوم چندین ساختار طراحی شده است که انجام آزمون‌های مختلف مربوط به عملکرد اسکنر را محیا می‌کند. این ساختارها آزمون‌هایی هستند که در بخش‌های بعدی استفاده می‌شود.

پ- نکات ایمنی در نگهداری از فانتوم

نسبت به حفظ و نگهداری فانتوم، موارد ذیل را به دقت توجه فرمایید:

- برای انجام آزمون‌های این فانتوم در شرایط برابر و تکرارپذیری آن، فانتوم را در دمای نوعی اتاق مگنت (۱۸ درجه سانتی‌گراد) نگهداری کنید. لازم به ذکر است، تغییر دمای فانتوم، علاوه بر مشکل گفته شده باعث اختلال در محلول داخل آن می‌شود و نتایج آزمون را با مشکل و خطا روبرو می‌کند؛ حتی در مواقعی ممکن است با تغییرات دمایی شدید، نشی محلول داخل آن را نیز به همراه داشته باشد.
- در داخل این فانتوم ساختارهای ظریفی وجود دارد که نسبت به حرکات شدید و ضربه حساس می‌باشد و از حالت کالیبره خارج می‌شود.

- محلول داخل فانتوم سمّی می‌باشد. در صورت نشت و یا تخلیه آن، موارد ایمنی لازم را رعایت فرمایید و جهت مشاوره، با متخصصین هیرا تماس بگیرید.
- حباب کوچکی به اندازه چند سانتی‌متر مکعب عمداً توسط سازنده در فانتوم رها می‌شود تا امکان انبساط حرارتی محلول در محدوده معقول فراهم شود. از تکان دادن فانتوم جدا خودداری کنید؛ زیرا باعث شکسته شدن حباب به حباب‌های کوچک‌تر می‌شود که ممکن است به ساختارهای داخل فانتوم بچسبند و در امتیازدهی آزمون‌ها اختلال ایجاد کنند.

ت - تصاویر مورد نیاز

در برنامه اعتبارسنجی مربوط به فانتوم هیرا، لازم است چندین مجموعه تصاویر اخذ شود: یک تصویر مکان‌یاب ساجیتال و ۴ مجموعه تصاویر محوری. در هر یک از ۴ مجموعه محوری، ۱۱ تصویر از فانتوم اخذ می‌شود که مکان اسلایس‌های ۱۱ تایی در تمامی این مجموعه‌ها باهم یکی است. این تصاویر با استفاده از کوئل سر اسکنر به دست می‌آید. پارامترهای اسکن برای مکان‌یاب و ۲ مجموعه اصلی تصاویر محوری، به‌طور کامل به صورت دستورالعمل‌های اسکن تعیین شده است. در اینجا، ما این مجموعه تصاویر را **توالی‌های هیرا** یا **تصاویر هیرا** می‌نامیم. مجموعه تصاویر محوری سوم و چهارم بر اساس پروتکل‌های خود مرکز است که به عنوان **توالی مرکز** و یا **تصاویر مرکز** ارجاع داده می‌شود. برای بحث در مورد داده‌های تصویر، بهتر است برای مجموعه‌های مختلف تصاویر نام معرفی کرده و مکان اسلایس‌ها در فانتوم را شماره‌گذاری کنیم.

مکان‌یاب ساجیتال: یک اخذ اسپین‌اکوی تک-اسلایس ساجیتال با ضخامت ۲۰ میلی‌متر در مرکز که برای سادگی آن را «مکان‌یاب» می‌نامیم.

مجموعه تصاویر اول: یک اخذ اسپین‌اکو چنداسلایسی با پارامترهای اخذ مشخص است که نمونه‌ای از اخذ وزن‌دار T1 است. این مجموعه تصاویر وزن‌دار T1 هیرا» یا به اختصار «T1 هیرا» نام‌گذاری می‌شود.

مجموعه تصاویر دوم: یک اخذ اسپین اکو دو-اکویی (یا چند-اکویی)^۱ و چنداسلایسی با پارامترهای اخذ مشخص است که نمونه‌ای از اخذ وزن دار T2 و چگالی پروتون^۲ است. هنگام تجزیه و تحلیل داده‌های این اخذ، فقط از تصاویر دومین اکو استفاده می‌شود. مجموعه تصاویر دومین اکوی این اخذ، «مجموعه تصاویر وزن دار T2 هیرا» یا به اختصار «T2 هیرا» نامیده می‌شود.^۳

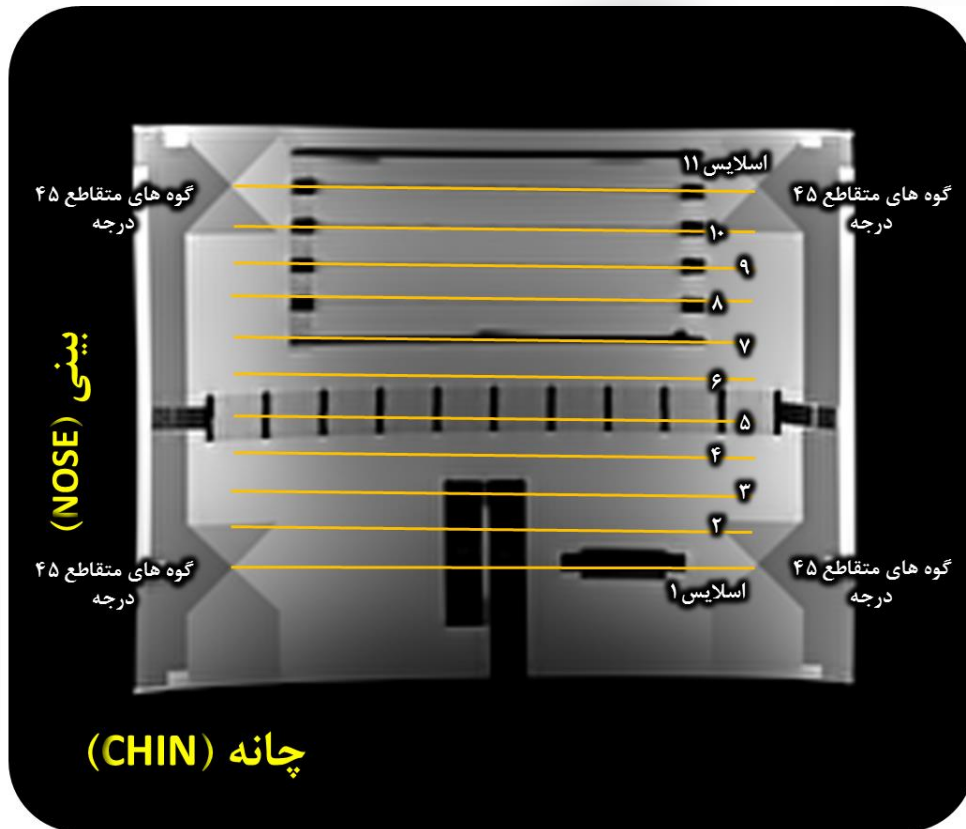
مجموعه تصاویر سوم و چهارم: بر اساس پارامترهای اخذی است که مرکز معمولاً در پروتکل‌های بالینی خود به ترتیب برای اخذ محوری وزن دار T1 و T2 مربوط به ناحیه سر استفاده می‌کند. این مجموعه تصاویر، «مجموعه تصاویر T1 مرکز» و «مجموعه تصاویر T2 مرکز» نامیده می‌شود.

در هر یک از مجموعه تصاویر محوری، ۱۱ اسلایس اخذ می‌شود. مکان اسلایس‌ها از انتهای تحتانی (با فرض اینکه این فانتوم شبیه‌ساز سر است). فانتوم شماره گذاری می‌شود. بنابراین، مکان اسلایس شماره ۱ در انتهای فانتوم که «CHIN» نوشته است شروع می‌شود. اسکنرهای مختلف تصاویر را به گونه‌ای متفاوتی شماره گذاری می‌کنند. صرف نظر از اینکه اسکنر چگونه تصاویر را شماره گذاری می‌کند، ما همیشه آنها را با نام مجموعه تصاویر و شماره مکان اسلایس ارجاع می‌دهیم. به عنوان مثال، اسلایس ۷ مجموعه تصاویر T2 هیرا، تصویر دومین اکوی حاصل از اخذ دو-اکویی هیرا در مکان اسلایس ۷ است.

^۱ در برخی از اسکنرها، ممکن است اخذ دو-اکویی برای اخذ تصاویر وزن دار T2 و چگالی پروتون امکان پذیر نباشد. از این رو، ممکن است مجبور باشیم که از اخذ چند-اکویی استفاده کنیم که در این صورت لازم است از بین تصاویر اخذ شده، فقط تصاویر با مشخصات مورد نیاز را استفاده نماییم.

^۲ Proton density

^۳ پارامترهای اخذهای اول و دوم به همراه فرم خالی پارامترهای اخذ سوم و چهارم، در «فرم داده فانتوم بزرگ هیرا» مشخص گردیده است که در پیوست قرار دارد. همچنین این فرم از سایت www.HiraMed.ir نیز قابل دانلود است.



شکل ۱-۰: مکان یاب ساجیتال که مکان ۱۱ اسلایس محوری موردنیاز و جفت گوه های ۴۵ درجه را نشان می دهد. کلمات «CHIN» و «NOSE» در این تصویر، مکان هایی را نشان می دهد که همان کلمات بر روی فانٹوم حک شده اند تا بتوان به کمک آن، فانٹوم را به مثابه سر در کویل جایگذاری و تصویربرداری نمود.

برای هر ۴ مجموعه تصاویر محوری، ضخامت اسلایس موردنیاز ۵ میلی متر و فاصله بین اسلایسی ۵ میلی متر است؛ بنابراین، مجموعه ۱۱ اسلایس، فاصله ای ۱۰۰ میلی متری از مرکز اولین اسلایس تا مرکز آخرین اسلایس را در بر می گیرد. (در برخی اسکرها، امکان تعیین اسلایس هایی با ضخامت ۵ میلی متری و فاصله بین اسلایسی ۵ میلی متری وجود ندارد؛ دستورالعمل آزمون برنامه اعتبارسنجی MR توضیح می دهد که در این موارد چه باید کرد.)

شکل ۱-۰ مکان یاب ساجیتال را نشان می دهد که ۱۱ مکان اسلایس محوری بر روی آن مشخص شده است. در صفحه ساجیتال مرکزی فانٹوم، ۲ جفت گوه متقاطع ۴۵ درجه (در هر انتهای فانٹوم، یک جفت گوه) وجود دارد که بر روی تصویر شکل ۱-۰ نشان داده شده است. اسلایس ۱، در رأس زاویه تشکیل شده توسط گوه های متقاطع انتهای تحتانی فانٹوم تعیین می شود. فاصله بین رئوس ۲ جفت گوه از دو انتها ۱۰۰ میلی متر است، بنابراین اسلایس ۱۱ بر روی رأس گوه های متقاطع انتهای فوقانی فانٹوم قرار می گیرد.

ث - تجزیه و تحلیل تصویر

برای تجزیه و تحلیل کمی، لازم است داده‌های دیجیتال در یک رایانه ایستگاه کاری با قابلیت‌های پایه‌ای کار بر روی تصویر همانند آنچه در تمامی کنسول‌های اسکنر وجود دارد نمایش داده شوند: قابلیت‌هایی نظیر تنظیمات پهنا و سطح پنجره، بزرگ‌نمایی (زوم)، اندازه‌گیری میانگین و انحراف معیار در ناحیه مورد نظر^۱ (ROI) و اندازه‌گیری‌های طول. در بیشتر موارد، کنسول اسکنر یا یک ایستگاه مرتبط بازبینی تصویر، راحت‌ترین مکان برای یک مرکز برای انجام چنین اندازه‌گیری‌هایی بر روی داده‌ها است.

۷ آزمون کمی که با کمک این فانتوم و با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی که روی داده‌های دیجیتال انجام می‌شود، عبارت‌اند از:

- ۱- صحت هندسی^۲
- ۲- رزولوشن مکانی با کنتراست بالا^۳
- ۳- صحت ضخامت اسلایس^۴
- ۴- صحت موقعیت اسلایس^۵
- ۵- یکنواختی شدت روشنایی تصویر^۶
- ۶- درصد سیگنال سایه‌افکنی^۷
- ۷- قابلیت آشکارسازی شیء با کنتراست کم^۸

هر یک از این آزمون‌ها به ترتیب در بخش‌های زیر شرح داده خواهد شد. بخش‌ها متناظر با شماره آزمون‌ها در این لیست شماره‌گذاری شده‌است.

¹ Region-Of-Interest (ROI)

² Geometric Accuracy

³ High-Contrast Spatial Resolution

⁴ Slice Thickness Accuracy

⁵ Slice Position Accuracy

⁶ Image Intensity Uniformity

⁷ Percent-Signal Ghosting

⁸ Low-Contrast Object Detectability

اگرچه آرتیفکت‌ها در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد، اما خواننده باید آگاه باشد که علاوه بر این آزمون‌های کمی، بازبین‌های داده گروه تخصصی هیرا، تصاویر را از نظر آرتیفکت نیز بررسی می‌کنند. آرتیفکت‌هایی که می‌تواند تأثیر نامطلوبی بر صحت تشخیصی داشته باشد و آرتیفکت‌های حاکی از مشکلات سیستم که می‌تواند بر صحت تشخیصی تأثیر بگذارد، در صورتی که حتی اگر سیستم، آزمون‌های کمی را گذرانده باشد، ممکن است منجر به عدم موفقیت اعتبارسنجی شود.

ح- تجزیه و تحلیل داده و تماس با ما

گروه تحقیقاتی/میرلب با بیش از ۷ سال سابقه در حوزه اجرای برنامه کنترل کیفی دستگاه‌های MRI، خدمات پردازشی مرتبط بر روی تصاویر اخذشده، ارائه گزارش و مشاوره با کادر مجرب در مراکز مختلف کشور را در کارنامه دارد.

در صورت نیاز به تحلیل داده‌های اخذشده توسط متخصصین هیرا، لازم است داده‌ها به صورت دیجیتالی (تصاویر رایت‌شده بر روی CD با فرمت DICOM) یا به صورت الکترونیکی ارسال شود.

برای اطلاعات دقیق‌تر در مورد ارسال تصاویر برای ارزیابی اعتبارسنجی، به دستورالعمل‌های آزمون برنامه اعتبارسنجی MR و دستورالعمل‌های بارگذاری الکترونیکی مراجعه کنید یا با پست الکترونیکی AmirLabTa@gmail.com تماس بگیرید. برای اطلاعات بیشتر در مورد محصولات جدید و خدمات قابل

ارائه، به تارنمای www.HiraMed.ir مراجعه کنید.

۱- اندازه‌گیری‌های صحت هندسی

۱-۱- مقدمه

آزمون «صحت هندسی» بررسی می‌کند تا چه اندازه تصویر اخذشده، طول‌ها را در شیء تصویربرداری شده به‌درستی بازنمایی می‌کند. این آزمون را گاهی اوقات آزمون خطای هندسی^۱ نیز می‌نامند. در این آزمون طول‌هایی بر روی تصاویر بین مکان‌هایی مشخص اندازه‌گیری می‌شود و نتایج آن با مقادیر شناخته‌شده فانتوم مقایسه می‌گردد

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که ابعاد تصاویر با ابعاد واقعی آن، بسیار متفاوت‌تر از حد معمولی است که برای یک اسکنر با عملکرد مناسب انتظار می‌رود.

۱-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

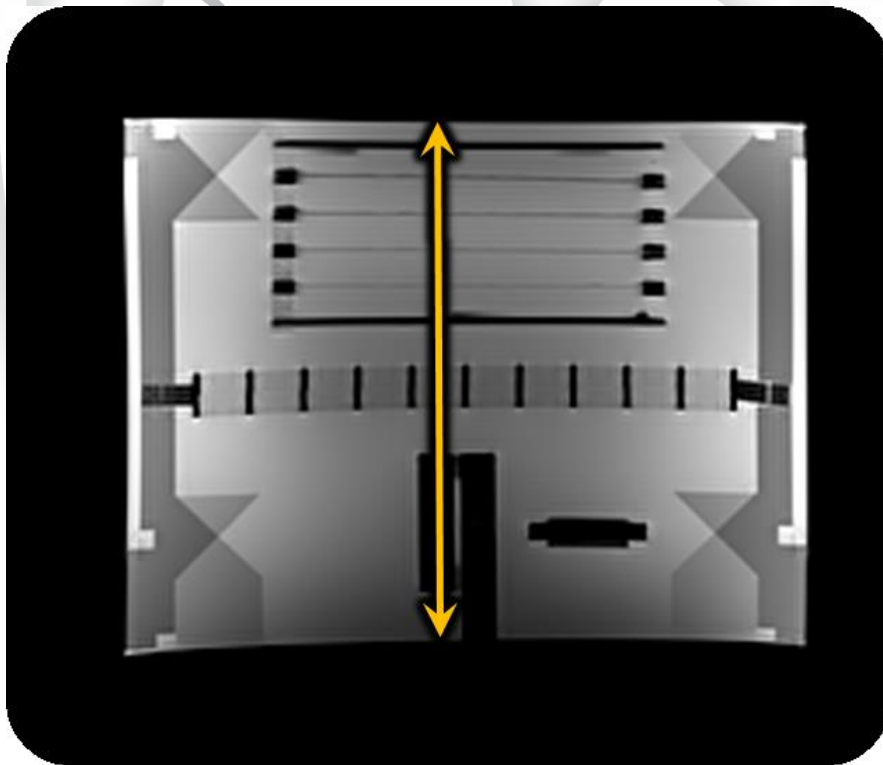
در داخل فانتوم، ۷ طول معلوم باید بر روی تصاویر اخذشده اندازه‌گیری شود که این مهم را می‌توان با استفاده از ابزار اندازه‌گیری طول که بر روی ایستگاه نمایش مهیا شده، انجام شود. تنظیمات سطح و پهناى پنجره نمایش می‌تواند اندازه‌گیری طول را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین مهم است که آنها را به‌درستی تنظیم کنید. برای این منظور، یک روش فرعی جداگانه برای انجام تنظیمات سطح و پهناى پنجره نمایش همراه با روش اصلی ارائه می‌شود.

اندازه‌گیری‌ها برای این آزمون با توجه به روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

۱- مکان‌یاب را نمایش دهید و پهنا و سطح پنجره نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.

¹ Geometric error

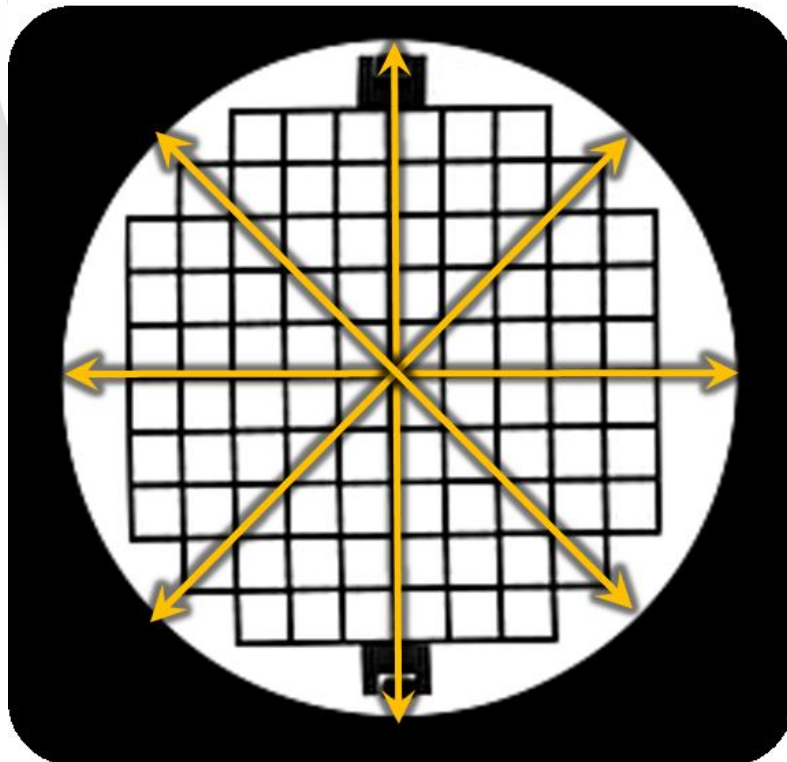
- ۲- طول انتها-به-انتهای فانتوم را همانطور که در مکان‌یاب دیده می‌شود اندازه بگیرید. این اندازه‌گیری باید مطابق شکل ۱-۱ در امتداد یک خط نزدیک به وسط فانتوم اندازه‌گیری شود.
- ۳- اسلایس ۱ مجموعه تصاویر TI هیپرا را نمایش داده و پهنا و سطح پنجره نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.
- ۴- قطر فانتوم را در ۲ جهت اندازه‌گیری کنید: بالا-به-پایین و چپ-به-راست (شکل ۲-۱)
- ۵- اسلایس ۵ مجموعه تصاویر TI هیپرا را نمایش دهید. پنجره و سطح نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.
- ۶- قطر فانتوم را در ۴ جهت اندازه‌گیری کنید: بالا-به-پایین، چپ-به-راست و هر دو قطر (شکل ۳-۱)



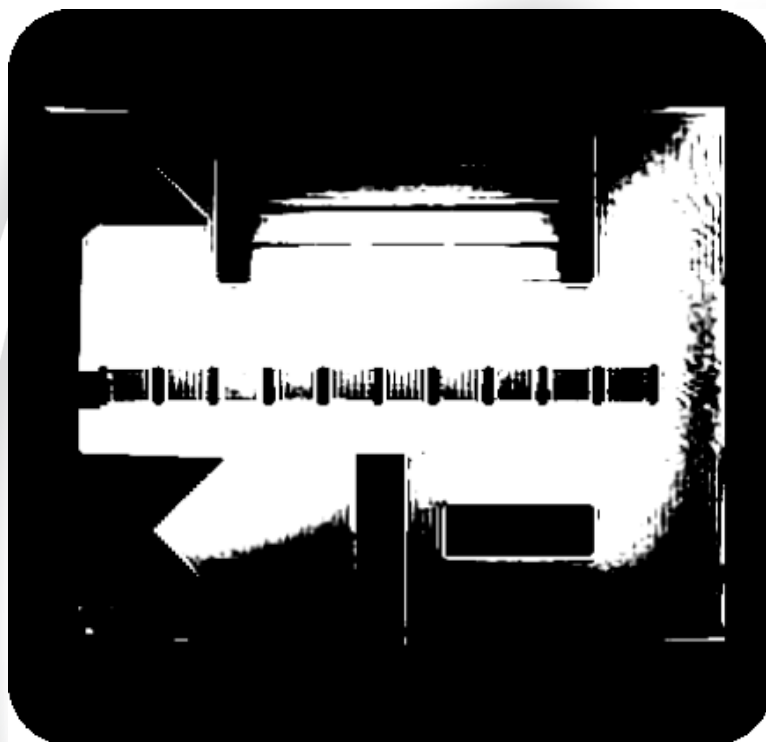
شکل ۱-۱: مکان‌یاب ساجیتال که چگونگی اندازه‌گیری طول انتها-به-انتهای (فلش) را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲: اندازه‌گیری طول قطرها (بالا-به-پایین و چپ-به-راست) در اسلایس ۱ (فلش‌ها).



شکل ۱-۳: اندازه‌گیری‌های طول قطرها در اسلایس ۵ (فلش‌ها).



شکل ۴-۱: مکان‌یاب ساجیتال را نشان می‌دهد که پهناى پنجره نمایش روی صفر تنظیم شده و سطح پنجره چنان تنظیم شده تا بتوان به‌طور تقریبی میانگین سطح سیگنال را اندازه گرفت.

تنظیمات سطح و پهناى پنجره نمایش می‌تواند بر مکان‌ظاهری لبه‌های فانتوم اثر بگذارد و بنابراین باعث خطا در اندازه‌گیری‌های طول شود. برای جلوگیری از این خطا، اندازه‌گیری‌ها باید بدین‌صورت انجام شود: پهناى پنجره نمایش روی مقدار سیگنال میانگین و سطح نمایش روی مقداری برابر با نصف مقدار سیگنال میانگین مناطقی که در تصویر فقط شامل آب است تنظیم شود.

در بیشتر اسکنرها می‌توان از روش زیر برای تنظیم پهناى و سطح پنجره نمایش استفاده کرد:

۱- پنجره را به باریک‌ترین حالت ممکن تنظیم کنید که در بیشتر اسکنرها صفر یا یک است.

۲- مناطقی از فانتوم را که فقط شامل آب است، مشاهده کنید، به عبارتی، مناطقی که با برخی از ساختارهای داخلی فانتوم حجم جزئی ندارند. این مناطق بالاترین سیگنال را دارند. سطح نمایش را پایین بیاورید تا سیگنال در این مناطق که فقط شامل آب هستند، کاملاً سفید شود.

۳- سطح نمایش را تا جایی که تقریباً نصف مساحت مناطق فقط-آب تاریک شود بالا ببرید. این کار در شکل ۴-۱ برای مکان‌یاب نشان داده شده است. اکنون سطح به یک مقدار عددی تنظیم می‌شود که

تقریبی از سیگنال میانگین مناطق فقط-آب است. این مقدار را یادداشت کنید (این در واقع سیگنال میانه را تخمین میزند، اما برای هدف ما به اندازه کافی به میانگین نزدیک خواهد بود).

۴- تنظیم سطح نمایش را به نصف مقدار میانگین سیگنال به دست آمده در مرحله ۳ کاهش دهید. تنظیم پهنای پنجره را تا مقدار سیگنال میانگین افزایش دهید.

توجه: در برخی از اسکنرهای قدیمی، شدت روشنایی صفر برای یک پیکسل، مقدار عددی ۱۰۲۴ در نظر گرفته می شود. برای چنین اسکنرهایی، هنگام محاسبه مقدار نصف سیگنال میانگین، باید این جابجایی (آفست) صفر در محاسبات در نظر گرفته شود.

۱-۳- تجزیه و تحلیل اندازه گیری ها

اندازه گیری های طول با مقادیر شناخته شده فاصله ها در فانتوم مقایسه می شود.

- طول داخلی انتها-به-انتهای فانتوم: ۱۴۸ میلی متر

- قطر داخلی فانتوم: ۱۹۰ میلی متر

۱-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

تمامی طول های اندازه گیری شده باید اختلافی در حدود ± 2 میلی متر از مقادیر واقعی آنها باشد. اگر هر یک از اندازه گیری های طول بیشتر از ± 3 میلی متر از مقدار واقعی آن اختلاف داشته باشد، تصاویر ارسالی برای اعتبارسنجی منجر به شکست خواهد شد.

۲- رزولوشن مکانی در کنتراست بالا

۲-۱- مقدمه

هدف از آزمون «رزولوشن مکانی در کنتراست بالا»، ارزیابی توانایی اسکنر در جداسازی اشیا کوچک می‌باشد. این مهم در شرایطی است که نسبت کنتراست به نویز^۱ (CNR) به اندازه کافی بالا باشد تا نقشی در محدود کردن این توانایی نداشته باشد. این آزمون را گاهی رزولوشن مکانی با کنتراست بالای محدودکننده نیز می‌نامند.

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که برای یک میدان دید^۲ (FOV) و اندازه ماتریس اخذ مشخص، اسکنر قادر نیست جزئیات کوچک و همچنین نرمال را که برای عملکرد مناسب یک اسکنر لازم است تفکیک کند.

۲-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، ابتدا به لحاظ بصری، قابلیت تمیز نقاط روشن کوچک منفرد در آرایه‌ای از نقاط روشن با فاصله‌گذاری نزدیک را ارزیابی می‌کنیم. این نقاط روشن، حفره‌های پر شده با آب هستند که در یک بلوک به نام زیربخش رزولوشن سوراخ شده‌اند که در اسلایس ۱ دیده می‌شود. پیش از چگونگی ارزیابی بصری، لازم است تا ابتدا زیربخش موردنظر را با جزئیات توضیح دهیم.

¹ Contrast-to-Noise Ratio (CNR)

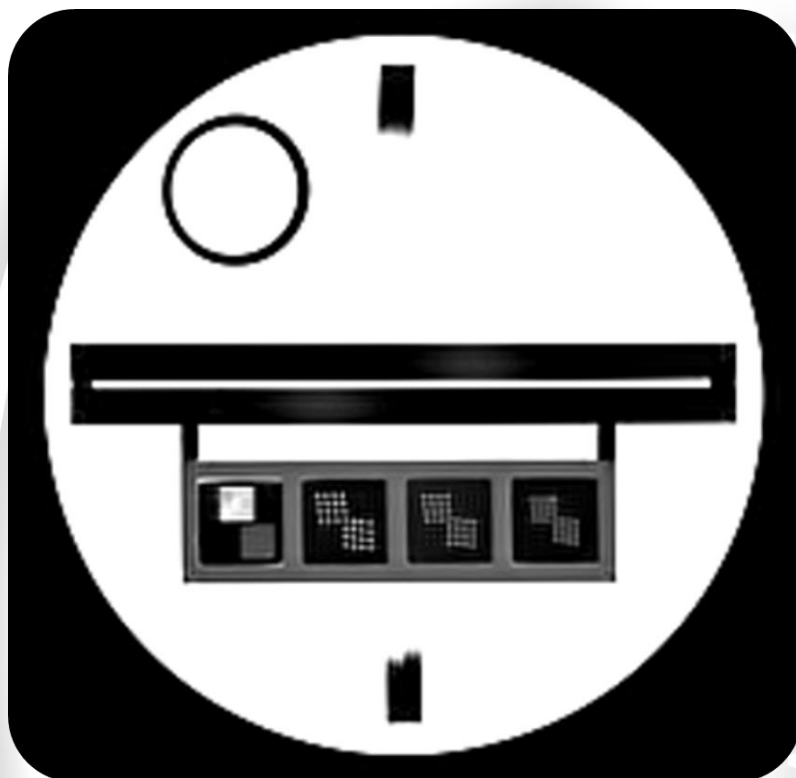
² Field of View (FoV)

زیربخش رزولوشن

شکل ۱-۲ تصویری از اسلایس ۱ را نشان می‌دهد که زیربخش رزولوشن در آن مشخص شده است. ۳ جفت آرایه حفره‌ای در آن زیربخش وجود دارد که کاملاً مربعی نیستند. توجه داشته باشید که شامل یک آرایه حفره‌ای بالا-چپ (UL) و یک آرایه حفره‌ای پایین-راست (LR) است. در اینجا راست و چپ، راست و چپ بیننده است. آرایه‌های UL و LR در گوشه‌ای که همدیگر را لمس می‌کنند یک حفره مشترک دارند. آرایه UL برای ارزیابی رزولوشن در جهت راست-به-چپ و آرایه LR برای ارزیابی رزولوشن در جهت بالا-به-پایین (قدامی-خلفی، در صورتی که فرض شود فانتوم، سر انسان است) استفاده می‌شود.

آرایه UL شامل ۴ ردیف ۴-حفره‌ای و آرایه LR شامل ۴ ستون ۴-حفره‌ای است. هر ردیف حفره در UR کمی به سمت راست ردیف بالا خود و هر ستون LR کمی به سمت پایین ستون چپ خود جابجا شده است و به همین دلیل آرایه کاملاً مربع نیست.

قطر حفره‌ها بین جفت‌های آرایه متفاوت است: برای جفت سمت چپ ۱٫۱ میلی‌متر، برای جفت مرکز ۱٫۰ میلی‌متر و برای جفت سمت راست ۰٫۹ میلی‌متر است. بنابراین، با استفاده از این زیربخش می‌توان تعیین کرد که آیا رزولوشن در هر یک از این ۳ اندازه حفره به‌درستی به‌دست آمده است یا خیر.



شکل ۱-۲: اسلایس شماره ۱ که زیربخش رزولوشن و جفت‌آرایه‌های حفره در آن مشخص شده است.

برای این آزمون، رزولوشن در اسلایس ۱ برای هر ۲ مجموعه تصاویر محوری هیبر/ارزیابی می‌شود. رویه زیر برای هر یک از این مجموعه تصاویر تکرار می‌شود:

- ۱- تصویر اسلایس ۱ را نمایش دهید.
- ۲- تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ نمایید؛ به شرطی که زیربخش رزولوشن در نمایشگر دیده شود. این در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

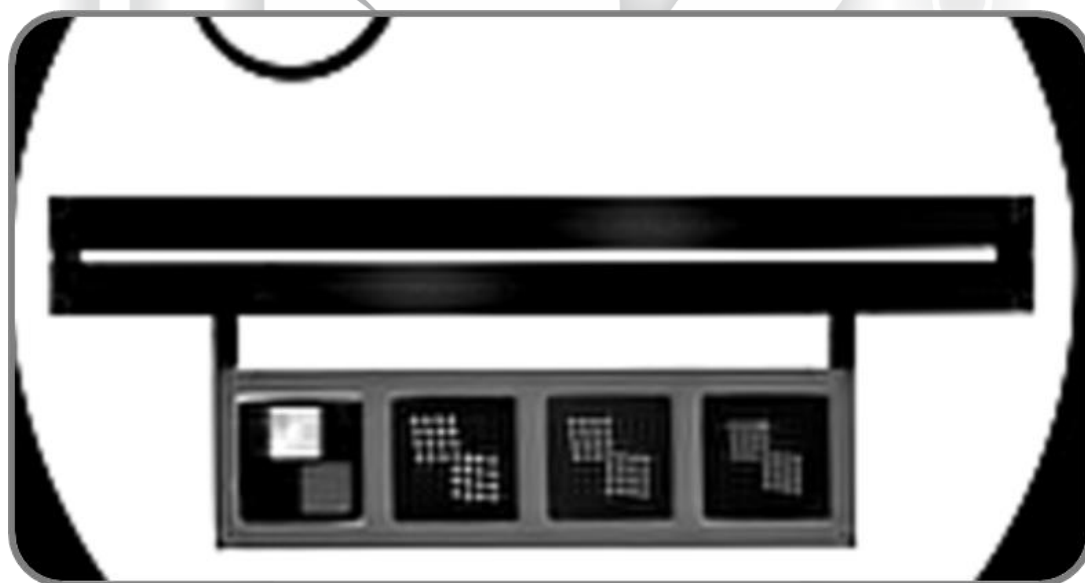
۳- با جفت‌آرایه‌های حفره‌ای سمت چپ شروع کنید که ۱/۱ میلی‌متر و بزرگ‌ترین اندازه حفره در این زیربخش است.

۴- به ردیف‌های حفره در آرایه UL نگاه کنید. پهنا و سطح پنجره نمایش را چنان تنظیم کنید تا حفره‌ها به بهترین شکل از یکدیگر متمایز شوند.

۵- اگر هر ۴ حفره در هر ردیف منفرد از یکدیگر قابل تمیز باشند، به این تصویر، در این اندازه حفره خاص و جهت چپ-به-راست نمره موفق دهید.

برای «قابل تمیز بودن» یا «تفکیک پذیری»، لازم نیست شدت تصویر بین حفره‌ها به صفر برسد. برای قابل تمیز بودن، باید بتوان پهنای پنجره و سطح واحدی را تنظیم و پیدا کرد به گونه‌ای که هر ۴ حفره در حداقل ۱ ردیف به عنوان نقاطی با شدت سیگنال روشن‌تر از فاصله بین آنها قابل تشخیص باشد. شکل ۲-۳-آ نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک پذیر را نشان می‌دهد.

هنگامی که اندازه حفره‌ها با رزولوشن تصویر قابل مقایسه باشد، ممکن است گروه‌هایی از ۲ حفره یا بیشتر در یک ردیف با یکدیگر محو شده و به صورت یک نقطه سیگنال به شکل نامنظم تکی ظاهر شود. در این حالت حفره‌های آن ردیف تفکیک نشده تلقی می‌شود. نمونه‌ای از این مورد در ردیف ۱ آرایه UL شکل ۲-۳-ب نشان داده شده است.

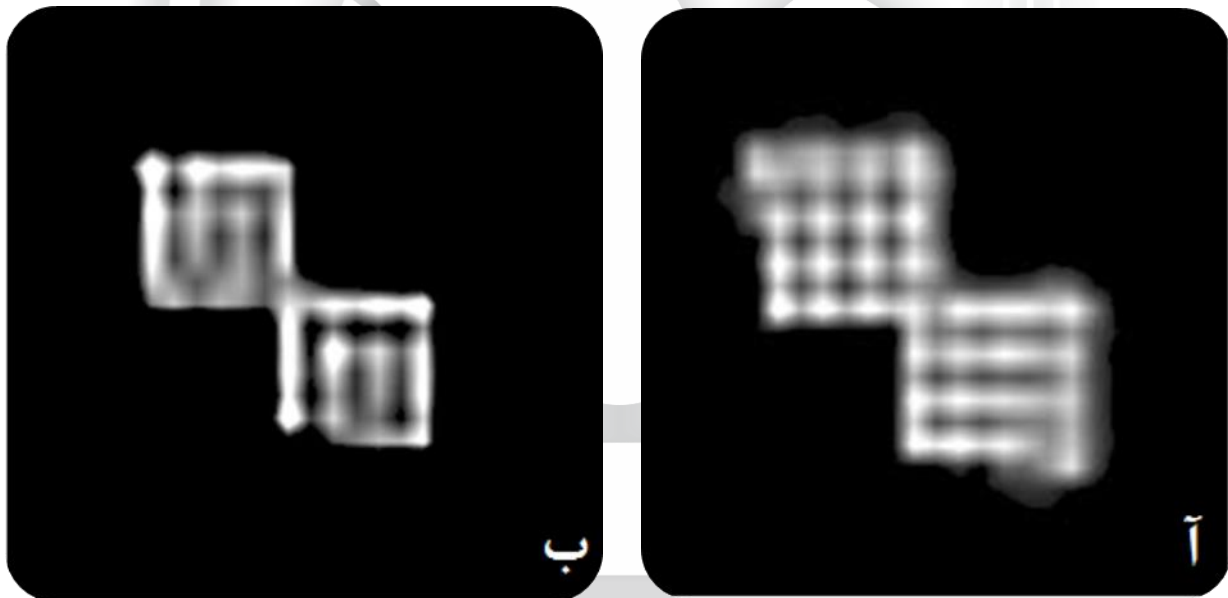


شکل ۲-۳: بزرگ‌نمایی مناسب قسمتی از اسلایس ۱ برای ارزیابی بصری رزولوشن مکانی در کنتراست بالا.

گاهی اوقات ۱ یا چند حفره که از همسایگان خود در همان ردیف قابل تمیز است، در همسایگان ردیف‌های مجاور محو می‌شود. این حالت قابل قبول است و تاثیری در نمره‌دهی ردیف ندارد. نمونه‌ای از این مورد در ردیف دوم آرایه UL شکل ۲-۳-ب نشان داده شده است که حفره‌های هر انتهای ردیف با همسایگان خود در ردیف‌های مجاور محو شده‌اند.

۶- به حفره‌ها در آرایه LR نگاه کنید و پهنای و سطح نمایش را چنان تنظیم کنید تا حفره‌ها به بهترین شکل از یکدیگر متمایز شود.

- ۷- اگر هر ۴ حفره در هر ستون منفرد از یکدیگر قابل تمیز باشد، تصویر را در این اندازه حفره خاص و جهت بالا-به-پایین نمره قبولی دهید. نکات گفته شده در مرحله ۵ در مورد قابل تمیز بودن حفره‌ها داخل سطرها را عیناً در اینجا در مورد حفره‌های داخل ستون‌ها اعمال کنید.
- ۸- برای جفت‌آرایه با اندازه حفره کوچک‌تر، قدم‌های ۴ تا ۷ را برای ارزیابی ادامه دهید تا کوچک‌ترین اندازه حفره قابل تفکیک برای جهت‌های راست-به-چپ و بالا-به-پایین پیدا شود.
- ۹- کوچک‌ترین اندازه حفره را که در هر جهت قابل تفکیک است یادداشت کنید. این رزولوشن اندازه‌گیری شده برای آن جهت است.



شکل ۲-۳: آ) نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک شده. ردیف‌های ۲ تا ۴ آرایه UL و ستون‌های ۱ تا ۳ آرایه LR تفکیک شده هستند (ردیف‌ها و ستون‌ها از گوشه بالا سمت چپ هر آرایه شماره گذاری شده‌اند). ب) نمونه‌ای از ردیف‌ها و ستون‌های تفکیک نشده و به‌سختی تفکیک شده. ردیف ۲ آرایه UL تفکیک شده است زیرا هر ۴ حفره از یکدیگر قابل تشخیص هستند، حتی اگر حفره‌ها در هر یک از انتهای ردیف با همسایگان‌شان در ردیف زیرین محو شوند؛ بنابراین، جهت افقی یا راست-به-چپ در این اندازه حفره به‌صورت تفکیک شده نمره‌دهی می‌شود. هیچ‌یک از ستون‌های آرایه LR بیش از ۳ نقطه قابل تشخیص در داخل ستون را نشان نمی‌دهد، بنابراین جهت عمودی یا بالا-به-پایین در این اندازه حفره قابل تفکیک نیست.

۲-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها

هیچ تحلیلی برای این آزمون وجود ندارد. تنها کافیست که به‌سادگی رزولوشن اندازه‌گیری شده در هر دو جهت برای هر دو مجموعه تصاویر محوری هیرو/ یادداشت شود.

۲-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

میدان دید و اندازه ماتریس برای مجموعه تصاویر محوری هیرو/ چنان انتخاب شده است تا رزولوشن ۱/۰ میلی‌متر در هر دو جهت را در پی داشته باشد. برای هر دو جهت در هر دو مجموعه تصاویر محوری هیرو/ رزولوشن اندازه‌گیری شده باید ۱/۰ میلی‌متر یا بهتر باشد.

یک اسکنر باید بتواند این آزمون را در هر دو مجموعه تصاویر T1 و T2 هیرو/ یا در هر دو مجموعه تصاویر T1 و T2 سایت پاس کند. یک اسکنر نمی‌تواند فقط یکی از مجموعه تصاویر هیرو/ و یکی از مجموعه تصاویر سایت پاس کند.

۳- صحت ضخامت اسلایس

۳-۱- مقدمه

در آزمون «ضخامت اسلایس» بررسی می‌شود که آیا ضخامت تعیین شده اسلایس به دست آمده است یا خیر. در این آزمون، ضخامت اسلایس پیش تعیین شده با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه می‌شود. عدم موفقیت این آزمون بدین معنی است که ضخامت ایجاد شده توسط اسکنر با ضخامت از پیش تعیین شده به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. عموماً این مشکل به تنهایی رخ نمی‌دهد، زیرا نقص‌های اسکنر که می‌تواند موجب این اتفاق شود می‌تواند مشکلات دیگری نیز در تصویر ایجاد می‌کند. بنابراین، نتایج یک خرابی فقط ضخیم یا نازک بودن بیش از حد اسلایس‌ها نیست، بلکه می‌تواند به مواردی مانند کنتراست ناصحیح تصویر و نسبت سیگنال به نویز کم ختم شود.

۳-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون طول ۲ شیب سیگنال در اسلایس ۱ اندازه‌گیری می‌شود. این کار برای هر دو مجموعه تصاویر محوری هیرا انجام می‌شود.

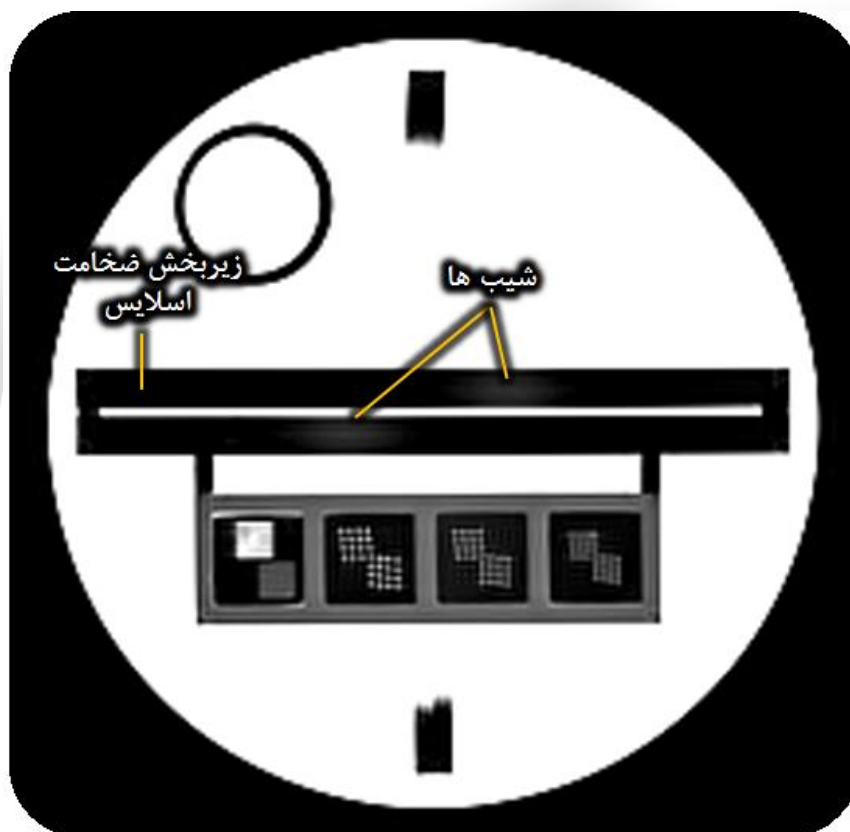
شیب‌ها در ساختاری به نام «زیربخش ضخامت اسلایس» دیده می‌شود. شکل ۳-۱ تصویری از اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب‌های سیگنال مشخص شده را نشان می‌دهد. دو شیب متقاطع هستند که یکی شیب منفی و دیگری شیب مثبت نسبت به صفحه اسلایس ۱ دارند. این شیب‌ها با برش شکاف‌هایی در یک بلوک پلاستیکی ایجاد می‌شود. شکاف‌ها به سمت داخلی فانتوم باز هستند و با همان محلولی پر شده‌اند که تمام فانتوم را پر می‌کند.

شیب‌های سیگنال نسبت به صفحه اسلایس ۱ دارای شیب ۵ به ۱ هستند، یعنی با اسلایس ۱ زاویه‌ای حدود ۱۱٫۳ درجه ایجاد می‌کند. بنابراین شیب‌های سیگنال در تصویر اسلایس ۱ با طولی ۵ برابر ضخامت اسلایس ظاهر می‌شود. اگر فانتوم در جهت چپ-راست کج شود، یک شیب طولانی‌تر از دیگری ظاهر می‌شود. وجود شیب‌های متقاطع امکان اصلاح خطای ایجادشده توسط کج‌شدگی چپ-راست را فراهم می‌کند و در بخش بعدی فرمول ارائه‌شده برای محاسبه ضخامت اسلایس این مورد را در نظر می‌گیرد.

برای هر مجموعه تصاویر محوری هیرو، طول شیب‌های سیگنال در اسلایس ۱ طبق روش زیر اندازه‌گیری می‌شود:

۱- اسلایس ۱ را نمایش دهید و تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ کنید تا اینکه زیربخش ضخامت اسلایس کاملاً روی صفحه دیده شود.

۲- سطح نمایش را طوری تنظیم کنید که شیب سیگنال به خوبی دیده شود. روشنایی شیب سیگنال بسیار کمتر از آب اطراف است، بنابراین معمولاً لازم است سطح نمایشگر به‌طور قابل توجهی کاهش یابد و پهنای پنجره باریک شود.

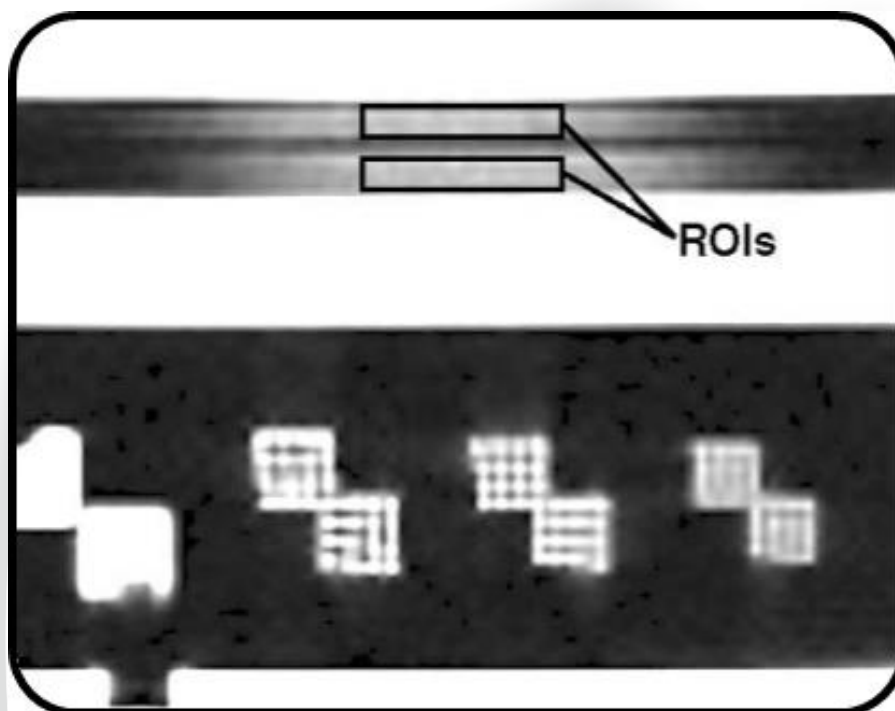


شکل ۳-۱: اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب سیگنال نشان داده شده.

۳- مطابق با شکل ۳-۲، یک ROI مستطیلی در وسط هر یک از شیب‌های سیگنال قرار دهید. برای هر یک از این ROIها، به مقدار میانگین سیگنال توجه کرده و سپس آن دو را باهم میانگین بگیرید. نتیجه عددی است که میانگین سیگنال را در وسط شیب تقریب میزند. اگر یک ROI مستطیلی در دسترس نباشد، می‌توان از یک ROI بیضوی استفاده کرد.

توجه: به‌هنگام انجام این اندازه‌گیری‌ها، مراقب باشید به‌طور کامل پهنای شیب را با ROIها در جهت بالا-پایین پوشش دهید، اما اجازه ندهید تا ROIها خارج از شیب به مناطق کناری با سیگنال پایین یا بالا کشیده شود. در صورتی که تفاوت زیادی - بیشتر از ۲۰٪ - بین مقادیر سیگنال به‌دست‌آمده برای دو ROI وجود داشته باشد، اغلب به این دلیل است که یک یا هر دو ROI مناطقی خارج از رمپ را شامل شده‌اند.

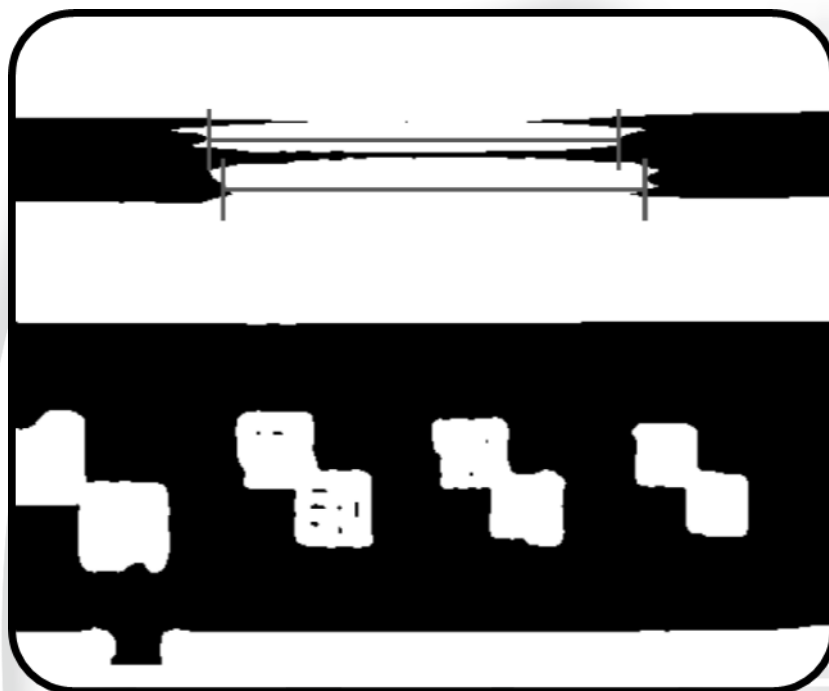
۴- سطح نمایش را به نصف مقدار سیگنال شیب متوسط محاسبه‌شده در گام ۳ پایین بیاورید. پهنای پنجره نمایش را به کمترین حالت ممکن تنظیم کنید.



شکل ۲-۳: منطقه بزرگ‌نمایی شده اسلایس ۱، شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را با ROI‌های جایگذاری برای اندازه‌گیری سیگنال میانگین در شیب‌ها را نشان می‌دهد.

توجه: برخی از اسکنرها از مقدار پیکسل ۱۰۲۴ به عنوان سطح سیگنال صفر استفاده می‌کنند. برای چنین اسکنرهایی لازم است به هنگام محاسبه میانگین سیگنال در مرحله ۳ و تنظیم سطح نمایش به نصف آن مقدار در مرحله ۴، این موضوع را در نظر بگیرید. هدف این است که سطح نمایش به مقدار عددی متناظر با سیگنالی که نصف سیگنال میانگین وسط شیب‌ها باشد تنظیم شود.

۵- از ابزار اندازه‌گیری طول بر روی نمایشگر برای اندازه‌گیری طول شیب‌های بالا و پایین استفاده کنید (شکل ۳-۳). این طول‌ها تنها اندازه‌گیری‌های لازم برای این آزمون هستند.



شکل ۳-۳: قسمت بزرگ‌نمایی شده اسلایس ۱ که شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را نشان می‌دهد. پهنای پنجره نمایش صفر و سطح نمایش، نصف سطح سیگنال میانگین شیب است. اندازه‌گیری طول شیب‌ها، بر روی تصویر نشان داده شده است (خطوط خاکستری).

اغلب، خط‌بندی‌های افقی در شدت روشنایی شیب سیگنال وجود دارد که باعث می‌شود انتهای دو طرف به‌صورت گوش‌ماهی و لباس نخ‌نخ شده به‌نظر برسد. خط‌بندی‌ها در واقع جلوه‌ای از آرتیفکت بریدگی (گیبس)^۱ هستند و این پدیده طبیعی است. در این مورد، برای اندازه‌گیری طول شیب باید میانگین مکان انتهای شیب‌ها را تخمین زد. شکل ۳-۳ نمونه‌ای از این مسئله و نحوه اندازه‌گیری آن را نشان می‌دهد. برآورد انتهای شیب منبع خطا است، اما یک میلی‌متر خطا در اندازه‌گیری طول شیب متناظر با فقط یک‌دهم میلی‌متر خطا ضخامت اسلایس است، بنابراین خطاهای ایجادشده در واقع کم هستند.

۳-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها

ضخامت اسلایس به‌صورت کلی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

¹ Truncation (Gibbs) Artifact

$$\text{Slice thickness (FWHM)} = \frac{(l_{top} + l_{bottom}) \cos \phi + \sqrt{(l_{top} + l_{bottom})^2 \cos^2 \phi + 4l_{top}l_{bottom} \sin^2 \phi}}{2 \sin \phi}$$

که در آن l_{top} و l_{bottom} به ترتیب برابر با طول اندازه‌گیری شده سیگنال شیب بالا و پایین و ϕ زاویه بین دو شیب است.

در صورتی که نسبت شیب‌ها به صورت ۱۰ به ۱ باشد، فرمول به صورت زیر ساده می‌شود:

$$\text{Slice thickness} = 0.2 \times \frac{l_{top} \times l_{bottom}}{l_{top} + l_{bottom}}$$

نکته: لازم به ذکر است که در این فانتوم، زاویه بین دو شیب ۵ به ۱ است!

مثال: در فانتومی که زاویه بین دو شیب ۵ به ۱ باشد، اگر سیگنال شیب بالا ۲۲٫۹ میلی‌متر و شیب پایین ۲۴٫۸ میلی‌متر طول داشته‌باشد، ضخامت اسلایس محاسبه‌شده برابر با مقدار زیر خواهد بود (با نسبت شیب ۵ به ۱، زاویه بین دو شیب ۱۵۷٫۴ درجه خواهد بود):

$$\text{Slice thickness} = \frac{(22.9 + 24.8) \times \cos 157.4^\circ + \sqrt{(22.9 + 24.8)^2 \cos^2 \phi + 4 \times 22.9 \times 24.8 \times \sin^2 157.4^\circ}}{2 \times \sin 157.4^\circ}$$

$$= 4.8 \text{ mm}$$

$$\phi = 180^\circ - 2 \times 11.3^\circ = 157.4^\circ$$

حال در فانتومی که زاویه بین دو شیب ۱۰ به ۱ باشد و سیگنال شیب بالا ۵۹٫۵ میلی‌متر و شیب پایین ۴۷٫۲ میلی‌متر به دست آمده‌باشد، ضخامت اسلایس محاسبه‌شده برابر با مقدار زیر خواهد بود:

$$\text{Slice thickness} = 0.2 \times (59.5 \times 47.2) / (59.5 + 47.2) = 5.26 \text{ mm}$$

۳-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

برای هر دو مجموعه تصاویر هیرو، ضخامت اسلایس اندازه‌گیری شده باید در محدوده 0.7 ± 5 میلی‌متر باشد. خطای بیشتر از ± 1 میلی‌متر منجر به شکست این آزمون می‌شود. اگر خطای هر یک از مجموعه تصاویر هیرو بیشتر از ± 1 باشد، مجموعه تصاویر مرکز را ارزیابی کنید. اگر ضخامت اسلایس برای هر دو مجموعه تصاویر مرکز 1.0 ± 5 میلی‌متر باشد، اسکنر آزمون را با موفقیت پاس می‌کند.

۴- صحت موقعیت اسلایس

۴-۱- مقدمه

آزمون «صحت موقعیت اسلایس»، صحت مکان اسلایس‌های جایگذاری شده بر روی تصاویر مکان‌یاب^۱ (لوکالایزر)- که به‌عنوان یک مرجع در مشخص کردن مکان اسلایس‌ها برای اخذ داده نهایی می‌باشد- را ارزیابی می‌کند.

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که مکانهای واقعی اسلایس‌های به دست آمده با مکانهای از پیش تعیین شده آنها به اندازه قابل توجهی متفاوت‌تر از حد طبیعی است که برای یک اسکنر با عملکرد خوب لازم است.

۴-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون اختلاف بین موقعیت از پیش تعیین شده و واقعی اسلایس‌های ۱ و ۱۱ اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها بر روی مجموعه تصاویر T1 و T2 هیرا انجام می‌شود.

از بخش دیباچه به خاطر بیاورید که اسلایس‌های ۱ و ۱۱ بر روی مکان‌یاب چنان تعیین می‌شوند تا به ترتیب با رئوس گووه‌های متقاطع ۴۵ درجه انتهای تحتانی و فوقانی فانتوم همسو شوند (شکل ۱-۰). در اسلایس‌های ۱ و ۱۱، گووه‌های متقاطع به صورت یک جفت نوار کنارهم، تیره و عمودی در بالا و پایین (سمت قدامی) فانتوم دیده می‌شود. شکل ۴-۱ اسلایس‌های ۱ و ۱۱ را نشان می‌دهد که نوارهای عمودی گووه‌های متقاطع را نشان می‌دهد.

¹ Localizer

برای اسلایس‌های ۱ و ۱۱، اگر اسلایس دقیقاً در رأس گوه‌های متقاطع قرار گیرد، گوه‌ها به‌صورت نوارهای تیره با طول برابر روی تصویر دیده می‌شود. با طراحی گوه‌ها، اگر اسلایس با توجه به رأس به سمت فوقانی^۱ جابجا شود، نوار از دید سمت راست ناظر (چپ آناتومیکی) طولانی‌تر خواهد بود (شکل ۴-۲-آ). اگر اسلایس نسبت به رأس به سمت تحتانی^۲ جابجا شود، نوار سمت چپ طولانی‌تر خواهد شد (شکل ۴-۲-ب). اندازه‌گیری‌ها بر روی اسلایس‌های ۱ و ۱۱ مجموعه تصاویر $T1$ و $T2$ هیرا انجام می‌شود. برای هر تصویر از رویه زیر استفاده کنید:

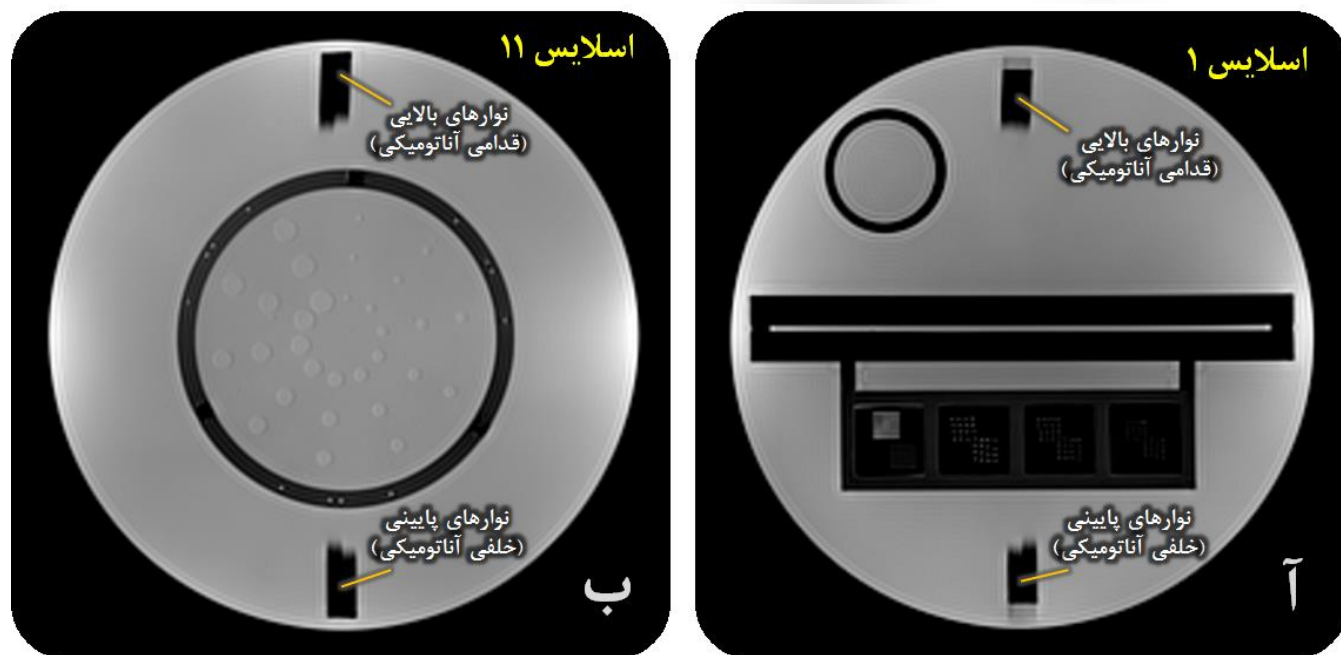
۱- اسلایس را نمایش و تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ کنید؛ طوری که نوارهای عمودی گوه‌های متقاطع در قسمت نمایش داده‌شده تصویر بزرگ دیده شود.

۲- پهنای پنجره نمایش را طوری تنظیم کنید که انتهای نوارهای عمودی کاملاً مشخص بوده و مبهم نباشد. این کار به این معنی است که پهنای پنجره نمایش باریک باشد. تنظیم سطح نمایش خیلی حساس نمی‌باشد، اما باید روی مقداری تقریباً نصف سیگنال قسمت‌های روشن که کاملاً شامل آب فانتوم است تنظیم شود.

۳- از ابزار اندازه‌گیری طول برای اندازه‌گیری اختلاف طول بین نوارهای چپ و راست استفاده کنید. طولی را که لازم است اندازه‌گیری شود، با فلش در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.

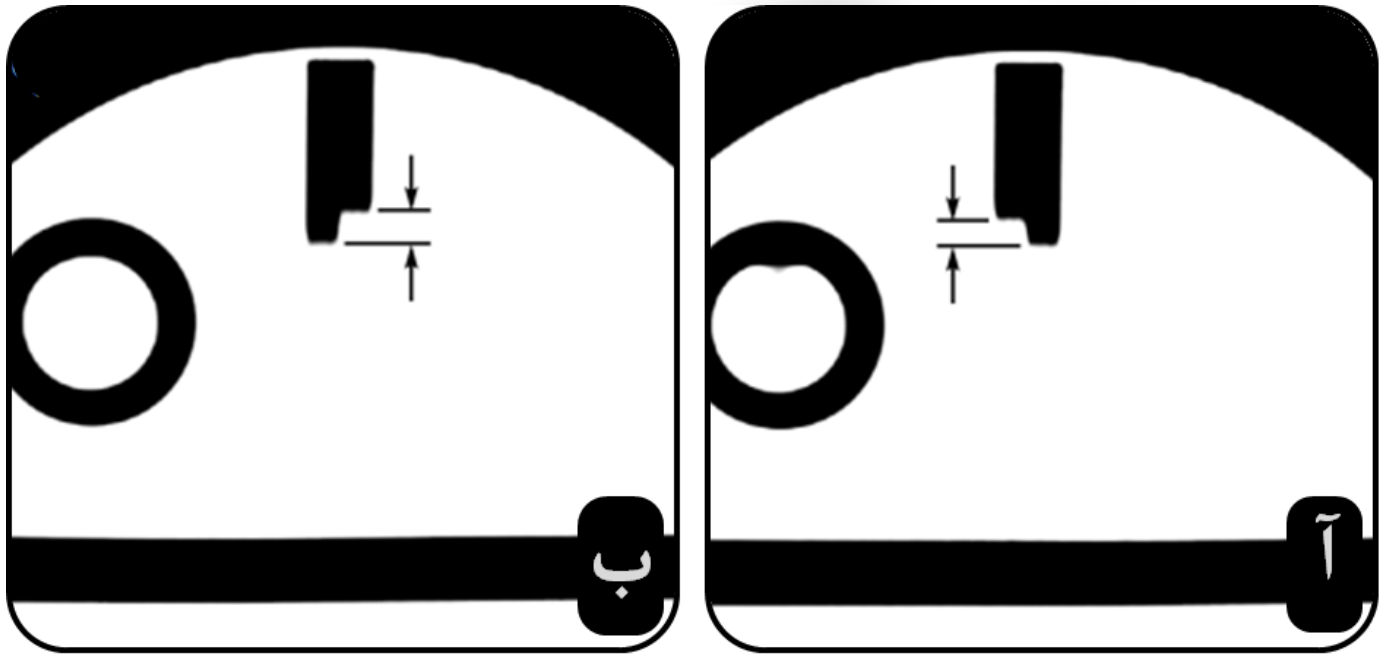
¹ Superior

² Inferior



شکل ۴-۱: نمایش تصاویر اسلایس ۱ (آ) و اسلایس ۱۱ (ب) با جفت نوارهای عمودی از گروه های متقاطع ۴۵ درجه. روی این تصاویر، اختلاف طول بین نوارهای سمت راست و چپ کم و نمونه‌ای از اسلایس‌های با موقعیت مناسب است.

اگر نوار سمت چپ بلندتر باشد، به طول علامت منفی اختصاص دهید. برای مثال، اگر اختلاف طول نوار ۵٫۰ میلی‌متر باشد و نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، طول اندازه‌گیری شده را بصورت ۵٫۰- میلی‌متر ثبت کنید. به‌طور کلی در این آزمون ۸ اندازه‌گیری طول (۴ اندازه‌گیری برای اسلایس ۱ و ۴ اندازه‌گیری برای اسلایس ۱۱) وجود دارد.



شکل ۴-۲: تصاویر اسلایس ۱ که اندازه‌گیری خطای موقعیت اسلایس را نشان می‌دهد. فلش‌ها اختلاف طول نوار را نشان می‌دهد که باید اندازه‌گیری شود. (آ) اگر نوار سمت راست طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه بالاتر (فوقانی) جایگذاری شده است؛ در این صورت به این اختلاف طول نوار، یک مقدار مثبت اختصاص داده می‌شود. (ب) اگر نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین‌تر (تحتانی) قرار گرفته است؛ به این اختلاف طول نوار مقدار منفی اختصاص داده می‌شود.

۴-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها

در این آزمون به تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها نیازی نیست. معیارهای عمل برحسب محدودیت در اندازه‌گیری اختلاف طول نوار مشخص می‌شود.

با این حال، چون گوه‌های متقاطع دارای شیب ۴۵ درجه هستند، اختلاف طول نوار دو برابر خطای جابجایی واقعی اسلایس است. به عنوان مثال، اختلاف طول نوار ۵٫۰ میلی‌متر نشان می‌دهد که اسلایس از رأس گوه‌های متقاطع به اندازه ۲٫۵ میلی‌متر به سمت تحتانی جابجا شده است.

۴-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

اختلاف مطلق طول نوار باید ۵ میلی‌متر یا کمتر باشد؛ اما تا ۷ میلی‌متر نیز قابل قبول است.

همانطور که در بخش «قابلیت آشکارسازی در کنتراست کم» توضیح داده شد، اختلاف طول نوار بیش از ۴ میلی‌متر در اسلایس ۱۱، بر روی نمره «قابلیت آشکارسازی در کنتراست کم» تأثیر منفی می‌گذارد. بنابراین، اگرچه ۵ میلی‌متر برای این آزمون قابل قبول است، اما توصیه می‌شود اختلاف طول نوار را تا ۴ میلی‌متر یا کمتر نگه دارید.

۵- یکنواختی شدت روشنایی تصویر

۵-۱- مقدمه

آزمون «یکنواختی شدت روشنایی تصویر»، یکنواختی و همگنی شدت روشنایی تصویر را در یک منطقه بزرگ فقط-آب از فانتوم که در نزدیکی وسط حجم تصویربرداری و بنابراین در نزدیکی وسط کویل سر قرار گرفته باشد اندازه‌گیری می‌کند.

کویل‌های سر در کاربردهای بالینی، هنگامی که به‌طور معمول برای سر انسان بارگذاری شود، دارای حساسیت فضایی نسبتاً یکنواختی در نزدیکی وسط کویل هستند. عدم موفقیت این آزمون بدین معناست که اسکنر تغییرات قابل توجهی در شدت تصویر دارد که در حالت طبیعی و با عملکرد صحیح یک سیستم MRI وجود ندارد. غیریکنواختی شدت تصویر، در واقع نقص در اسکنر که اغلب کویل سر معیوب یا مشکل در زیرسیستم‌های فرکانس‌رادیویی است را نشان می‌دهد.

۵-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، سطح بالا و پایین سیگنال در یک منطقه بزرگی از فانتوم- که به‌صورت فیزیکی یکنواخت بوده و فقط شامل آب باشد- اندازه‌گیری می‌شود. این کار بر روی اسلایس همگن فانتوم (اسلایس ۴ یا ۶) مجموعه تصاویر محوری $T1$ و $T2$ هیرا انجام می‌شود.

برای هر یک از دو مجموعه تصاویر، اندازه‌گیری‌ها مطابق با رویه زیر انجام می‌شود:

۱- اسلایس همگن را نمایش دهید.

۲- یک ROI بزرگ و دایروی بر روی تصویر مطابق با آنچه که در شکل ۵-۱ نشان داده شده است قرار دهید. این ROI باید ناحیه‌ای بین ۱۹۵ سانتی متر مربع و ۲۰۵ سانتی متر مربع را شامل شود (۱۹۵۰۰ تا ۲۰۵۰۰ میلی‌متر مربع). این ROI مرز ناحیه‌ای را تعیین می‌کند که یکنواختی تصویر در آن اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه میانگین شدت‌روشنایی پیکسل‌ها داخل این ROI برای آزمون یکنواختی نیاز نیست، با این حال، برای آزمون «درصد سایه افکنی سیگنال» (بخش ۶- درصد سایه‌افکنی سیگنال) استفاده می‌شود؛ بنابراین باید توجه شود.

پهنای پنجره نمایش را بر روی کمینه آن تنظیم کنید و سطح پنجره را تا آنجایی که تمام قسمت داخل ROI بزرگ سفید شود پایین بیاورید. اکنون هدف این است به آرامی سطح پنجره را بالا ببرید تا اینکه در داخل ROI، یک منطقه کوچک تقریباً ۱ سانتی متر مربعی پیکسل سیاه توسعه یابد. این منطقه کمینه سیگنال در ROI بزرگ است.

گاهی اوقات بیش از ۱ منطقه با پیکسل‌های تاریک ظاهر می‌شود. در این صورت، توجه را به منطقه تاریک بزرگ متمرکز کنید.

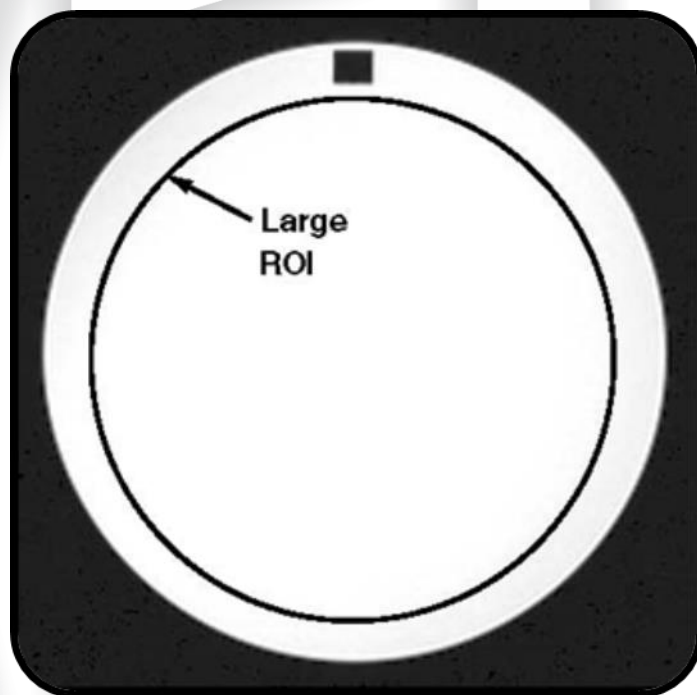
ممکن است اتفاق بیفتد که به جای داشتن یک منطقه تاریک کاملاً مشخص، در نهایت یک یا چند منطقه تاریک گسترده و نامشخص یا مناطقی از پیکسل‌های سیاه و سفید مخلوط داشته باشید. در این صورت، یک برآورد تصویری یک سانتی‌متر مربعی از مکان تاریک‌ترین قسمت بزرگ‌ترین منطقه تاریک داشته باشید.

۳- یک ROI ۱ سانتی‌متر مربعی دایره‌ای در منطقه با سیگنال پایین که در مرحله ۳ شناسایی شده قرار دهید. شکل ۵-۲-آ یک تصویر نوعی را نشان می‌دهد که در این نقطه به چه شکل است.

مقدار میانگین پیکسل‌ها را برای این ROI‌های ۱ سانتی‌متر مربعی ثبت کنید. این مقدار اندازه‌گیری شده سیگنال پایین است.

اگر در مورد محل قرار دادن ROI مطمئن نیستید و مشخصاً تاریک‌ترین مکان وجود ندارد، چندین مکان را امتحان کنید و مکانی را انتخاب کنید که کمترین مقدار پیکسل را داشته باشد.

۴- سطح پنجره را تا زمانی بالا ببرید که همه پیکسل‌ها سیاه شود؛ به جز منطقه کوچک و تقریباً ۱ سانتی‌متر مربعی با پیکسل سفید در داخل ROI بزرگ باقی بماند. این منطقه، منطقه با بالاترین سیگنال است.



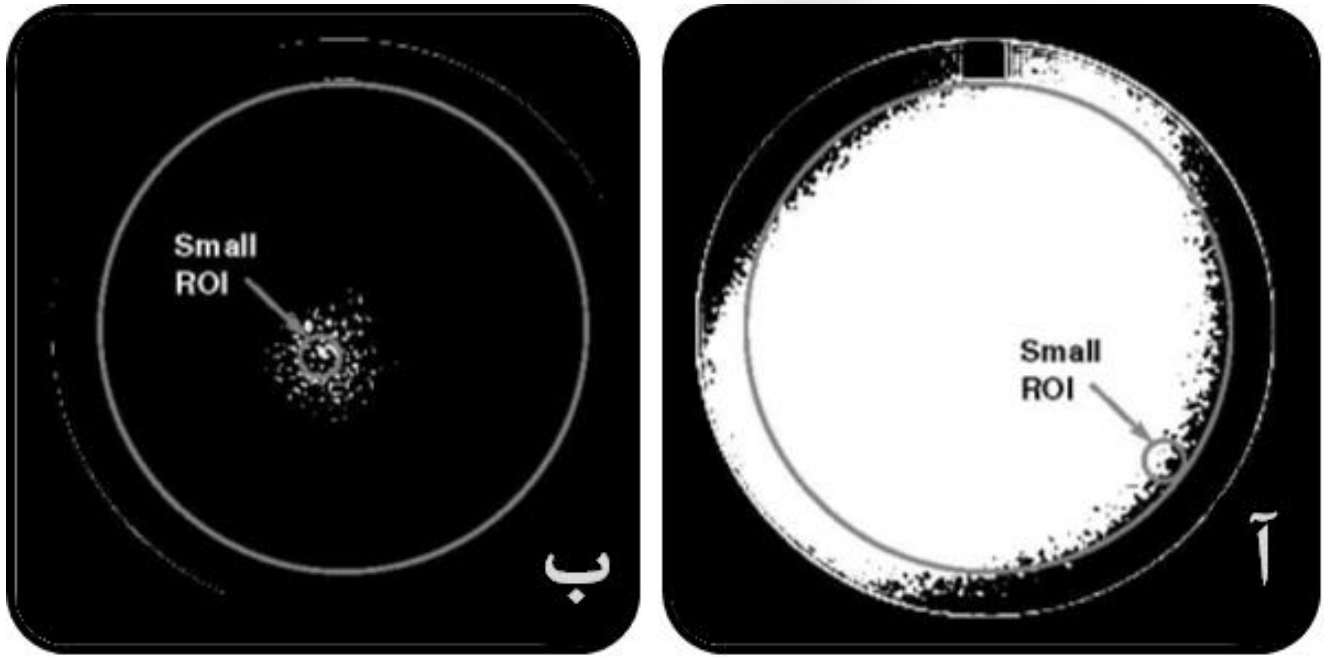
شکل ۱-۵: تصویر اسلایس شماره ۷ که اندازه و محل قرار گرفتن ROI بزرگ ۲۰۰ سانتی‌متر مربعی را نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های مربوط به یکنواختی تصویر، داخل مرز مشخص شده انجام می‌گیرد.

گاهی اوقات بیشتر از یک منطقه با پیکسل‌های سفید باقی خواهد ماند. در این صورت، توجه را به بزرگ‌ترین منطقه سفید متمرکز کنید. ممکن است اتفاق بیفتد که به جای داشتن یک منطقه سفید مشخص، یک یا چند ناحیه پراکنده از پیکسل‌های سیاه و سفید مخلوط به دست آید. در این صورت، بهترین مکان را برای روشن‌ترین قسمت ۱ سانتی‌متر مربعی از بزرگ‌ترین ناحیه روشن تخمین بزنید.

۵- ROI دایره‌ای ۱ سانتی‌متر مربعی را روی ناحیه با سیگنال بالا که در مرحله ۵ مشخص شده است قرار دهید. شکل

۲-۵- ب نشان می‌دهد که یک تصویر معمولی در این نقطه چگونه است.

میانگین مقدار پیکسل را برای این ROI ۱ سانتی‌متر مربعی ثبت کنید. این مقدار، مقدار سیگنال بالای اندازه‌گیری شده است.



شکل ۵-۲: تصویر اسلایس همگن که پنجره گذاری تصویر و قرار دادن ROI های یک سانتی متر مربعی کوچک برای اندازه گیری های یکنواختی تصویر را نشان می دهد. (آ) نمونه ای از پنجره گذاری و قرار دادن ROI برای اندازه گیری مقدار سیگنال پایین. در این مورد مکان مناسب برای قرار دادن ROI کوچک کاملاً مشخص نیست. از این رو، راهنمایی ارائه شده در مرحله ۳ در بالا دنبال شده است. ROI در جایی قرار گرفته است که از نظر بصری بزرگ ترین منطقه تاریک ۱ سانتی متر مربعی در ROI بزرگ تخمین زده می شود. (ب) نمونه ای از پنجره گذاری و قرار دادن ROI برای اندازه گیری مقدار سیگنال بالا. به دنبال راهنمای مرحله ۵ در بالا، ROI در جایی قرار گرفته است که از نظر بصری بزرگ ترین منطقه روشن ۱ سانتی متر مربعی در داخل ROI بزرگ تخمین زده می شود.

اگر در مورد محل قرار دادن ROI، به دلیل اینکه هیچ مکان روشن و واضحی وجود ندارد دودل هستید، چندین مکان را امتحان کنید و محلی را که بالاترین مقدار متوسط پیکسل را دارد انتخاب کنید.

توجه:، ابزار ROI در برخی از ایستگاه های کاری، میزان حداکثر و حداقل مقادیر پیکسل را در ROI گزارش می دهند. وسوسه انگیز است که از این دو به عنوان مقادیر سیگنال بالا و پایین استفاده کنیم. با این حال، ما خلاف آن را توصیه می کنیم. با توجه به وجود نویز در تصویر، استفاده از حداکثر و حداقل مقادیر پیکسل، منجر به بیش برآورد سیستماتیک سیگنال بالا و کم برآورد سیگنال پایین می شود. این خطای سیستماتیک می تواند قابل توجه باشد و آزمون را به سمت شکست سوق می دهد.

۵-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها

مقادیر سیگنال بالا و پایین برای هر یک از مجموعه تصاویر هیرو با یکدیگر ترکیب می‌شود تا مقداری که با عنوان «درصد یکنواختی شدت‌روشنایی (PIU)» نامیده می‌شود تولید شود. برای محاسبه PIU از فرمول زیر استفاده کنید:

$$PIU = 100 \times (1 - \{ (high - low) / (high + low) \}) .$$

در این فرمول منظور از high، مقدار اندازه‌گیری شده سیگنال بالا و low مقدار اندازه‌گیری شده سیگنال پایین است.

۵-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

برای سیستم‌های MRI با شدت میدان کمتر از ۳ تسلا، PIU باید بزرگتر یا مساوی ۸۷٫۵٪ باشد و اگر کمتر از ۸۵٪ باشد، این آزمون را پاس نمی‌کند. این درصد، برای سیستم‌های ۳ T باید بزرگتر یا مساوی ۸۲٫۰٪ باشد و در صورتی که PIU کمتر از ۸۰٪ باشد این آزمون را مردود می‌شود.

۶- درصد سایه افکنی سیگنال

۶-۱- مقدمه

آزمون «درصد سایه افکنی سیگنال»، سطح سایه افکنی در تصاویر را ارزیابی می کند. سایه افکنی یک نوع آرتیفکت است که در آن یک کپی کم رنگ (سایه) از شیء تصویرگیری شده روی تصویر قرار گرفته و از مکان واقعی خود جابجا شده است. اگر سایه های سطح پایین زیادی وجود داشته باشد، ممکن است به عنوان یک کپی از شیء قابل تشخیص نباشند، اما به سادگی به عنوان یک لکه ای از سیگنال ظاهر می شوند که در جهت کدگذاری فاز از مناطق روشن تر تصویر واقعی منتشر شده است. سایه افکنی نتیجه ناپایداری سیگنال بین تکرارهای چرخه پالس است. برای این آزمون، سطح سیگنال سایه به عنوان درصدی از سطح سیگنال در تصویر واقعی (اصلی) اندازه گیری و گزارش می شود.

سایه ها در قسمت های پس زمینه تصویر - که قاعدتاً نباید سیگنالی وجود داشته باشد - بیشتر قابل توجه هستند، اما معمولاً قسمت های اصلی تصویر را نیز پوشش می دهند و شدت واقعی تصویر را تغییر می دهند. عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که سایه سیگنال به طور قابل توجهی بالاتر از میزانی است که در یک اسکنر با عملکرد مناسب انتظار می رود.

۶-۲- اندازه گیری های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، اندازه گیری ها بر روی اسلایس همگن مجموعه تصاویر $T1$ هیوا انجام می شود (اسلایس ۴ یا ۶). با استفاده از ابزار ROI ایستگاه کاری، ۵ اندازه گیری شدت روشنایی انجام می شود: شدت روشنایی متوسط در تصویر اصلی فانتوم و شدت روشنایی متوسط پس زمینه در ۴ مکان خارج از فانتوم. ROI ها همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است قرار می گیرند.

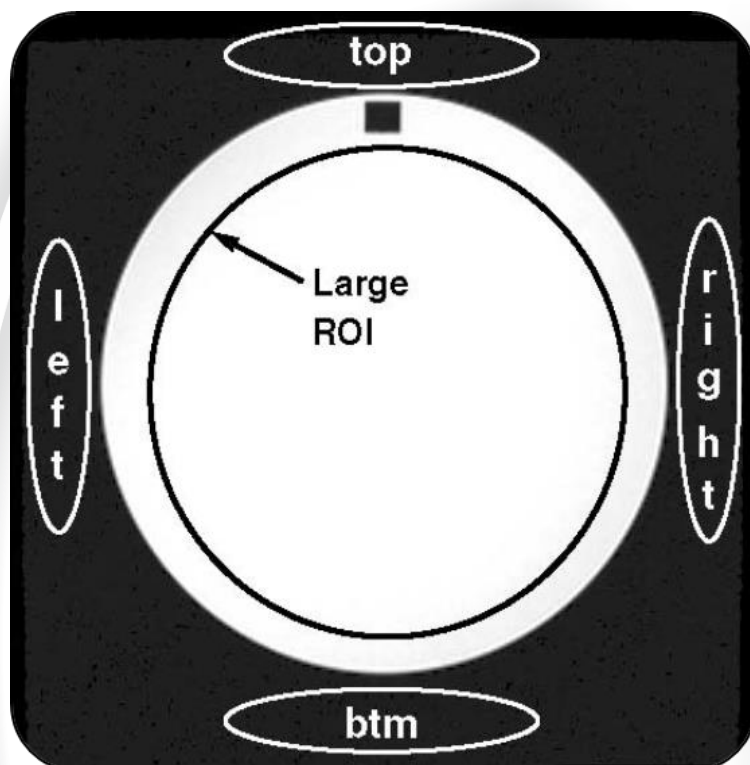
سایه کدگذاری فاز یک شی در یک تصویر، ناحیه ای از تصویر است که با جابجایی سایه شیء در امتداد جهت کدگذاری فاز، کشیده می شود. سایه افکنی های یک جسم فقط می تواند در جهت کدگذاری فاز آن بیفتند. از آنجایی که ROI های پس زمینه در امتداد چهار لبه FoV قرار می گیرند، دو ROI در سایه کدگذاری فاز فانتوم و دو عدد دیگر در جهت کدگذاری فرکانس قرار می گیرند؛ بنابراین، دو ROI پس زمینه سیگنال سایه افکنی را نمونه برداری می کنند و ۲ مورد عاری از سیگنال سایه افکنی خواهند بود. داشتن دو ROI پس زمینه بدون سایه افکنه ضروری است تا به عنوان کنترلی بر شدت روشنایی میانگین پس زمینه بکار برده شود که می تواند تحت تاثیر چندین عامل، به ویژه نویز، قرار گیرد.

روش انجام این اندازه گیری ها به شرح زیر است:

۱- اسلایس همگن مجموعه تصاویر *T1* هیرا را نمایش دهید.

۲- همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است، یک ROI دایره ای بزرگ روی تصویر قرار دهید. این ROI باید مساحتی بین ۱۹۵ سانتی متر مربع و ۲۰۵ سانتی متر مربع (۱۹۵۰۰ تا ۲۰۵۰۰ میلی متر مربع) داشته باشد. ROI باید تقریباً در مرکز فانتوم باشد، اما نباید شامل هیچ یک از مربع تیره کوچکی باشد که در بالا و پایین فانتوم در این اسلایس دیده می شود. مقدار میانگین پیکسل ها را برای این ROI ثبت کنید.

اگر ایستگاه کاری نتواند ROI دایره ای ایجاد کند، ممکن است از ROI مربعی استفاده شود. مساحت ROI مربعی باید بین ۱۳۰ سانتی متر مربع و ۱۴۰ سانتی متر مربع (۱۳۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ میلی متر مربع) باشد.



شکل ۱-۶: تصویر اسلایس همگن که قرارگیری ROI برای اندازه‌گیری درصد سیگنال سایه افکنی را نشان می‌دهد.
 ۳- همانطور که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است، ROI های بیضوی یا مستطیلی را در امتداد (نه درست در مقابل) ۴ لبه FoV قرار دهید.

ROI ها باید نسبت طول به عرض^۱ حدود ۴:۱ و مساحت کل حدوداً ۱۰ سانتی‌متر مربع (۱۰۰۰ میلی‌متر مربع) داشته باشند. ما به این ROI ها همانطور که در شکل ۱-۶ نشان داده شده‌اند، ROI های بالا، پایین، چپ و راست اشاره خواهیم کرد.

مقدار میانگین پیکسل‌ها را برای هر ROI ثبت کنید و مشخص کنید که کدام مقدار مربوط به کدام ROI است.

این نکته مهم است که ROI های پس‌زمینه را در مقابل لبه‌های فانتوم یا در مقابل لبه‌های میدان دید (FOV) قرار ندهید، بلکه در مرکز بین لبه‌های فانتوم و FOV قرار دهید. اگر فانتوم در مرکز FOV نباشد، ممکن است لازم باشد که عرض برخی از ROI ها را کاهش دهیم تا آنها را بین فانتوم و لبه FOV قرار دهیم. عرض ROI

^۱ Length-to-Width Ratio

را در صورت لزوم کاهش دهید و طول را افزایش دهید تا یک منطقه تقریباً ۱۰ سانتی متر مربع حفظ شود. ROI های بالا و سمت راست شکل ۶-۱ نمونه هایی از این مورد هستند.

اگر ایستگاه کاری نتواند ROI بیضوی ایجاد کند، ممکن است از یک ROI مستطیلی تقریباً به همان اندازه استفاده شود.

۶-۳- تجزیه و تحلیل اندازه گیری ها

مقدار سایه افکنی، به عنوان کسری از سیگنال اصلی، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\text{ghosting ratio} = | (\text{top} + \text{btm}) - (\text{left} + \text{right}) | / (2 \times (\text{large ROI}))$$

که در آن top, btm, left, right و large ROI مقادیر متوسط پیکسل ها برای ROI با همان نام هستند. خط های عمودی سمت راست معادله به معنای قدر مطلق مقدار داخل آن است.

۶-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

نسبت سایه افکنی باید کمتر یا مساوی ۰٫۰۲۵ (۲٫۵٪) باشد. اگر نسبت از ۰٫۰۳۰ (۳٫۰٪) بیشتر شود، تصاویر مورد بررسی معتبر نخواهند بود.

۷- قابلیت آشکارسازی اشیاء در کنتراست کم

۷-۱- مقدمه

آزمون «قابلیت آشکارسازی اشیاء با کنتراست کم» قابلیت تشخیص اجسام با کنتراست پایین را در تصاویر ارزیابی می‌کند. برای این منظور، داخل فانتوم مجموعه‌ای از اشیاء با کنتراست کم در اندازه و کنتراست‌های متفاوت قرار داده شده است.

توانایی تشخیص اجسام با کنتراست کم در درجه اول با نسبت کنتراست به نویز (CNR)^۱ به‌دست‌آمده در تصویر تعیین می‌شود و ممکن است با وجود آرتیفکت‌هایی مانند سایه‌افکنی کاهش یابد.

اسکنرها با قدرت میدان‌های مختلف عمدتاً در عملکرد نسبت کنتراست به نویز متفاوت هستند و پروتکل‌های بالینی معمولاً برای در نظر گرفتن این تفاوت‌ها تنظیم می‌شوند؛ بنابراین، علاوه بر مجموعه تصاویر هیپرا، این آزمون بر روی مجموعه تصاویر مرکز نیز اعمال می‌شود. اکثر اسکنرها می‌توانند آزمون را بر روی مجموعه تصاویر هیپرا با موفقیت پشت سر بگذارند، اما برای یک اسکنر کفایست تا این آزمون را در هر دو مجموعه تصاویر مرکز با موفقیت بگذرانند.

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که تصاویر ایجادشده توسط اسکنر، اشیاء با کنتراست کم را به‌طور قابل توجهی کمتر، نسبت به اکثر اسکنرهای بالینی با عملکرد مناسب نشان می‌دهند. علاوه بر این، این نقص حتی زمانی که از پروتکل بالینی خود سایت نیز استفاده می‌شود، وجود دارد.

¹ Contrast-to-Noise Ratio (CNR)

۷-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

اندازه‌گیری‌ها بر روی مجموعه تصاویر هیرا و مجموعه تصاویر مرکز انجام می‌شود. اشیاء با کنتراست کم روی ۴ اسلایس (اسلایس‌های ۸ تا ۱۱) قرار می‌گیرند. در هر اسلایس، اشیاء با کنتراست کم به صورت ردیف‌هایی از دیسک‌های کوچک ظاهر می‌شوند که از مرکز دایره مانند پره‌های یک چرخ قرار می‌گیرند. هر پره از ۳ دیسک تشکیل شده است و در هر دایره ۱۰ پره وجود دارد. شکل ۷-۱ اسلایس ۱۱ را با دایره ۱۰ پره نشان می‌دهد.

تمام دیسک‌های موجود در یک اسلایس داده‌شده کنتراست یکسانی دارد. به ترتیب، از اسلایس ۸ تا اسلایس ۱۱، مقادیر کنتراست ۱٫۴٪، ۲٫۵٪، ۳٫۶٪ و ۵٫۱٪ است. تمام دیسک‌های موجود در یک پره مشخص دارای قطر یکسانی هستند. با شروع از موقعیت ساعت ۱۲ (یا کمی چپ) و حرکت در جهت پادساعت‌گرد، قطر دیسک به تدریج از اولین پره به دهمین پره کاهش می‌یابد.

آنچه باید در این آزمون اندازه‌گیری شود، شمارش تعداد پره‌های کاملی است که در هر یک از ۴ اسلایس مشاهده می‌شود. این کار برای هر یک از ۴ مجموعه تصاویر محوری انجام می‌شود.

از روش زیر برای امتیاز دادن به تعداد پره‌های کاملی که در یک اسلایس دیده می‌شود استفاده کنید:

۱- اسلایسی را که باید امتیازدهی شود نمایش دهید. بهتر است که با اسلایس ۱۱ شروع کنید که دارای بالاترین کنتراست اشیاء است.

۲- برای بهتر دیده شدن اشیاء با کنتراست پایین، تنظیمات پهنا و سطح پنجره نمایش را تنظیم کنید. این کار معمولاً به پهنای پنجره نسبتاً باریک و تنظیم دقیق سطح نیاز دارد تا اشیاء را از پس‌زمینه به بهترین نحو متمایز کند.

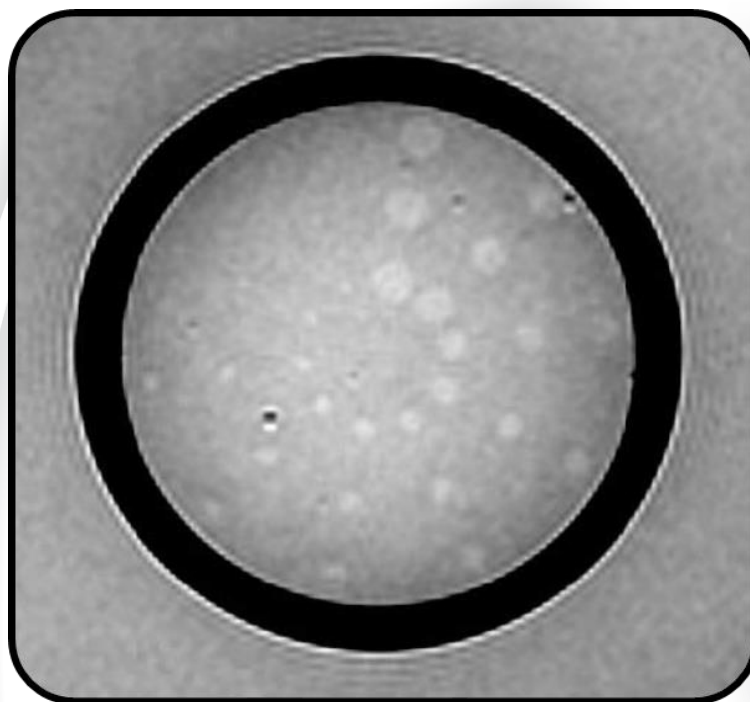
۳- اکنون وظیفه شمردن تعداد پره‌های کامل است. شمردن را با پره‌هایی که بیشترین قطر دیسک را دارند شروع کنید. این پره در ساعت ۱۲ یا کمی در سمت چپ ساعت ۱۲ قرار دارد و به آن پره ۱ می‌گویند.

تعداد پره‌های کامل شمارش‌شده، امتیاز این اسلایس است. امتیاز را ثبت کنید.

یک پره تنها در صورتی کامل در نظر گرفته می‌شود که هر ۳ دیسک آن قابل تشخیص باشند. پره‌های کامل باید شمارش شود. باید توجه شود که برای امتیازدهی، دیسک‌های جداگانه شمارش نمی‌شود.



شکل ۷-۱: تصویر اسلایس ۱۱ که دایره اشیاء با کنتراست کم را برای آزمون قابلیت آشکارسازی اشیاء را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲: تصویر بزرگ‌نما و برش خورده اسلایس ۸ که دایره اشیاء با کنتراست پایین را نشان می‌دهد. امتیاز در نظر گرفته شده برای این تصویر، ۹ است.

به‌عنوان مثال، شکل ۷-۲ تصویری از اسلایس ۸ را نشان می‌دهد که کمتر از ۱۰ پره کامل است. امتیاز این تصویر ۹ پره کامل است.

گاهی اوقات یک پره کامل با اندازه کوچک‌تر به دنبال پره‌ای که کامل نیست وجود خواهد داشت. آن را به حساب نیاورید. با اولین پره ناقص، شمارش را متوقف کنید.

دیسک‌هایی که در آستانه تشخیص قرار دارند می‌توانند یک تصمیم دشوار برای امتیازدهی باشند. آنها ممکن است ناهموار یا بدشکل به نظر برسند؛ که در این صورت نیز کافی است. سوال در واقع این است که آیا نوعی لکه یا نقطه در محل شناخته‌شده دیسک وجود دارد تا به اندازه کافی با پس‌زمینه متفاوت باشد و بتوان با اطمینان معقولی گفت که واقعاً چیزی در آنجا وجود دارد یا خیر. در اتخاذ این تصمیم، نگاه به مناطقی که دیسکی وجود ندارد می‌تواند مفید باشد تا نوسانات شدت نویز و آرتیفکت را که ممکن است شبیه دیسکی باشد که به‌سختی قابل تشخیص است، بسنجند. دیسکی که تفاوتی با نوسانات نویز پس‌زمینه روشن‌تر ندارد، قابل تشخیص تلقی نمی‌شود.

اکثر اسکنرها از حداقل نمره قبولی ارائه شده در بخش معیارهای عمل (بخش بعدی) بسیار فراتر می‌روند. در بیشتر موارد، نیازی به صرف زمان برای اندیشیدن درباره تصمیمات دشوار روی دیسک‌هایی که به‌سختی قابل مشاهده هستند، نیست؛ فقط به‌طور محافظه‌کارانه به آزمون نمره دهید و در رویدادهای غیرمحمولی که امتیاز نهایی زیر قبولی است، مجدداً امتیازدهی را بررسی کنید.

۷-۳- تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها

برای هر مجموعه تصاویر، تعداد پره‌های کامل امتیازدهی شده در هر اسلایس را جمع کنید. برای مثال، اگر مجموعه تصاویر T2 هیرا ۳ پره در اسلایس ۸، ۵ پره در اسلایس ۹، ۹ پره در اسلایس ۱۰ و ۱۰ پره در اسلایس ۱۱ به دست آورد، مجموع امتیاز برای این مجموعه تصاویر، $۲۷ = ۳ + ۵ + ۹ + ۱۰$ خواهد بود.

۷-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

برای اسکنرهایی با قدرت میدان کمتر از ۳T، هر دو مجموعه تصاویر هیرا باید امتیاز نهایی ۹ پره داشته باشند، اما برای پاس کردن باید حداقل ۷ امتیاز داشته باشند. اگر هر یک از مجموعه تصاویر هیرا در این آزمون مردود شود، مجموعه تصاویر مرکز را ارزیابی کنید. اگر امتیاز این آزمون برای هر دو مجموعه تصاویر مرکز حداقل ۷ باشد، اسکنر این آزمون را با موفقیت پشت سر می‌گذارد.

برای اسکنرهای ۳T، هر دو مجموعه تصاویر هیرا باید در مجموع امتیاز ۳۷ پره را داشته باشند. اگر امتیاز هر یک از مجموعه تصاویر هیرا مردود باشد، مجموعه تصاویر مرکز را ارزیابی کنید. اگر امتیاز مجموعه تصاویر مرکز حداقل ۳۷ باشد، اسکنر این آزمون را با موفقیت پشت سر می‌گذارد.

یک اسکنر می‌تواند این آزمون را یا با مجموعه تصاویر T1 و T2 هیرا یا با مجموعه تصاویر T1 و T2 مرکز پاس کند. یک اسکنر نمی‌تواند فقط یکی از مجموعه تصاویر هیرا و یکی از مجموعه تصاویر مرکز را پاس کرده باشد.

۸- مشاوره و توصیه‌ها

مطمئن شوید مهندس سرویس در کمتر از یک هفته موظف است سیستم را بررسی و همه چیز را درست کند؛ پیش از آنکه تصاویری برای اعتبارسنجی اخذ شود.

سخت‌افزار اسکنر باید حداقل یک ساعت قبل از اخذ داده اعتبارسنجی روشن شود. این توصیه در درجه اول برای مراکزی است که اسکنرهای خود را در شب خاموش می‌کنند.

فانتوم را نزدیک مرکز کویل سر قرار دهید. این محل ممکن است جایی نباشد که سر بیمار به‌طور معمول قرار می‌گیرد. علامت مرکزی حک شده بر روی فانتوم را با مرکز کویل در امتداد جهت تحتانی-قدامی هم‌راستا کنید. همچنین مطمئن شوید که فانتوم از نظر راست-چپ و قدامی-خلفی در مرکز کویل قرار دارد. این کار به یکنواختی تصویر کمک می‌کند.


در صورت لزوم از بالشتک و پد برای تثبیت فانتوم در برابر حرکت استفاده کنید تا از آرتیفکت‌های سایه‌افکنی جلوگیری شود.

همان‌طور که در بخش «قابلیت آشکارسازی اشیا با کنتراست کم» توضیح داده شد، لازم است اطمینان حاصل شود که اسلایسهای ۸ تا ۱۱ تا حد ممکن در مکان صحیح خود در فانتوم قرار گرفته باشند و اینکه فانتوم با محورهای اصلی در یک راستا بوده و کج نباشد.

هنگام اندازه‌گیری بر روی مجموعه تصاویر $T2$ هیپرا، مطمئن شوید که تصاویر اکوی دوم را ارزیابی می‌کنید. به دلیل نحوه شماره‌گذاری اسلایس‌ها در بسیاری از اسکنرها، این امکان وجود دارد که به‌راحتی اشتباه‌ها اندازه‌گیری‌ها در تصاویر اکوی اول انجام شود.

پیوست ۱: فرم داده فانتوم بزرگ هیرا

لینک دانلود: www.hiramed.ir/files/DataForm_MRI_LargePhantom.pdf



فرم داده اسکن مرکز
فانتوم بزرگ اعتبارسنجی MRI - هیرا

تاریخ آزمون: _____

شناسه فانتوم: _____

www.HiraMed.ir

← برای دانلود فرم، لطفاً کد QR را اسکن کنید.

لطفاً یک نسخه از این فرم را برای هر مگنت MR که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تکمیل کنید. دستورالعمل‌های دقیق برای اسکن فانتوم MRI در راهنمای کاربری مشخص شده است. تمام اطلاعات موجود در این برگه اطلاعات، باید به‌طور دقیق مشخص شود. فرم تکمیل‌شده را همراه با تصاویر اخذشده از فانتوم بایگانی کنید یا برای متخصص پردازش ارسال نمایید.

اطلاعات مرکز

نام مرکز | نشانی: _____

نوع فعالیت: کلینیکی تحقیقاتی | انسانی حیوانی سایر توضیحات: _____

اطلاعات دستگاه

سازنده دستگاه MR: _____ نام مدل: _____ قدرت میدان مگنت: _____

سال تولید: _____ شناسه دستگاه: _____ نسخه نرم‌افزار: _____

سایر توضیحات: _____

پارامترهای اخذ رشته‌پالس

برای هر پارامتر در کادر زیر:

- در صورت تفاوت با پارامترهای پروتکل تعیین‌شده، مقادیر واقعی را ثبت کنید یا
- برای نشان دادن استفاده از پارامتر تعیین‌شده، از علامت چک (✓) استفاده کنید.

برای «اسکن مغزی محوری وزنی T1 و T2 مرکز»، تمام پارامترها را پر کنید.

ردیف	مطالعه	رشته پالس	TR (ms)	TE (ms)	FOV (cm)	تعداد اسلاک	ضخامت اسلایس (mm)	فاصله بین اسلایسی (mm)	NE X	اندازه ماتریس		پهنای باند دریافت روتین (kHz)	زمان اسکن (تایم-دقیقه)
										فرکانس	س		
۱	مکان‌نگار ساجیتال هیرا	Spin-echo	۲۰۰	۲۰	۲۵	۱	۲۰	بلااستفاده	۱	۲۵۶	۲۵۶	۰:۵۶	
۲	محوری T1 هیرا	Spin-echo	۵۰۰	۲۰	۲۵	۱۱	۵	۵	۱	۲۵۶	۲۵۶	۲:۱۶	
۳	محوری T2 هیرا (Double-echo)	Spin-echo	۲۰۰۰	۲۰/۸۰	۲۵	۱۱	۵	۵	۱	۲۵۶	۲۵۶	۸:۵۶	
آپشن‌های دیگر مربوط به این اسکن:													
۴	اسکن مغزی محوری T1 مرکز												
۵	اسکن مغزی محوری T2 مرکز												
آپشن‌های دیگر مربوط به این اسکن:													

انجام آزمون توسط: _____

سیمت: _____

امضا: _____

HIRA

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE