



Active Gains in brain Using Exercise During Aging

Protocolos del proyecto AGUEDA

Capítulo 16: Prueba MRI



Promoting Fitness & Health
through Physical Activity



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Active Gains in brain Using Exercise During Aging



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Índice

16A. Prueba MRI	2
16B. Evaluación de calidad de las imágenes de resonancia magnética	18

Capítulo 16A. Protocolo de MRI

Índice

1. Introducción	3
2. Material necesario	3
2.1. Características específicas	3
2.1.1. Escáner	3
2.1.2. Mando de respuesta.....	4
2.1.3. Correctores de visión (MediGlasses).....	4
3. Procedimiento previo a prueba	5
3.1. Información al participante	5
3.2. Configuración mando de respuestas	6
4. Procedimiento día de prueba.....	7
4.1. Recepción.....	7
4.2. Evaluación MRI.....	8
4.3. Problemas auditivos	8
4.4. Selección de cortes para las secuencias	8
4.5. Examen de MRI incompleto	9
5. Procedimiento posterior a la prueba	9
5.1. Descarga y escaneo de datos	9
5.2. Exportación de datos	9
5.3. Revisión y control de calidad de los datos	10
6. Índice de anexos	10

1. Introducción

La resonancia magnética por imagen (MRI) es un método altamente seguro y de uso frecuente para evaluar la salud cerebral y se utilizará en los participantes del proyecto AGUEDA. La sesión de MRI es la tercera sesión de evaluación, después de haber completado la sesión 1 y 2 en IMUDS. La MRI se completará al inicio y después de la intervención de 6 meses. Cada participante pasará aproximadamente una hora en la MRI en cada visita. El tiempo total de esta visita es de aproximadamente 3 horas lo que permite recoger información de condiciones previas, realizar una simulación de la tarea de N-back (que se realizará durante la MRI) y tomar un breve descanso para ir al baño. Además, en este tiempo está considerado que previo a la MRI el participante realice, en las mismas instalaciones del centro de investigación Mente, Cerebro y Comportamiento (CIMCYC), las pruebas cognitivas computarizadas en el laboratorio 11 usando el software E-Prime. El CIMCYC, tiene unas normas especiales para los proyectos que utilizan la resonancia magnética y que se deben revisar en el **Anexo16.1 Normas_MRI**. Adicionalmente y debido a la contingencia del COVID-19, el centro ha tomado medidas especiales que se pueden revisar en el **Anexo16.2. Acceso_MRI**. Uno de los objetivos principales del proyecto AGUEDA es examinar el efecto de un programa de ejercicio basado en resistencia muscular en diferentes medidas del cerebro, incluido el volumen, la función, la conectividad, la materia blanca y el flujo sanguíneo. Por lo tanto, la MRI es un componente imprescindible para el proyecto.

2. Material necesario

El material necesario para la sesión es el siguiente:

- N-back task en E-prime del ordenador de la sala de control de MRI
- Ordenador de “ActiveBrains” (opcional)
- Escáner, mando de respuesta y tapones
- Corrector de visión MediGlass (Si es necesario)
- Mascarilla quirúrgica sin el alambre de nariz
- **Anexo16.3 Cuestionario_seguridadMRI**
- **Anexo16.4 Examen_MRI**

2.1. Características específicas

2.1.1. Escáner

El escáner a utilizar será el que pertenece al CIMCYC y es un escáner de 3 teslas Magnetom Tim Trio system (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany). La bobina es de 64 canales. Para garantizar la máxima visibilidad de la pantalla, las luces en la sala de evaluación deben estar apagadas durante la exploración, en casos excepcionales por comodidad del participante las luces se pueden dejar encendidas.

2.1.2. Mando de respuesta

El mando de respuesta a utilizar será el “Evoke response pad” (figura 1) que presenta cinco botones de cada mano y se comunica a través del cableado de fibra óptica a una consola de interfaz ubicada en la sala de control. La consola de interfaz proporciona comentarios en tiempo real de las respuestas de los participantes a través de indicadores LED e incluye un conjunto de botones para responder al participante según sea necesario. El sistema se integra perfectamente con E-Prime a través de una conexión USB. En las exploraciones de AGUEDA solo se utilizará el mando de la mano derecha.



Figura 1. Sistema de mando de respuesta.

2.1.3. Correctores de visión (MediGlasses)

La mayoría de estos adultos mayores usarán gafas o lentillas. Si usan lentillas, se debe indicar a los participantes que las lleven el día de la evaluación. Si el participante usa gafas, deberán estar equipados con lentes que puedan ser usadas en la resonancia magnética. Las gafas compatibles con el escáner que se utilizarán serán las “MediGlasses” (figura 2). Estas gafas tienen un sistema de cambio de lente fácil de ajustar y una selección de graduaciones diferentes (que van desde -6 a +6 dioptrías en incrementos de 0.5 dioptrías). Antes de ingresar al scanner se debe realizar la corrección y revisión de la visión a los participantes.



Figura 2. Sistema de gafas MediGlasses.

3. Procedimiento previo a prueba

El participante debe ser compatible con la MRI, sin implantes metálicos que puedan ser un peligro para su seguridad y no ser claustrofóbico. Esto se considera parte de los criterios de elegibilidad para el proyecto. Para evaluar la compatibilidad con MRI, se formularán una serie de preguntas durante la semana inicial sobre cirugías y operaciones anteriores, lesiones que involucran objetos metálicos, implantes que contienen metal, como derivaciones u otros dispositivos metálicos (*Anexo16.3Cuestionario_seguridadMRI*). Si se descubre que el participante tiene un dispositivo metálico implantado en su cuerpo, la decisión inicial es que no es elegible para el estudio, sin embargo, si el participante tiene conocimiento de que su dispositivo es seguro para la MRI, se necesitará más información relacionada con el dispositivo, incluida la marca, el modelo y la ubicación en el cuerpo, para enviar esta información al radiólogo. Finalmente, el radiólogo debe confirmar la compatibilidad del dispositivo para la MRI enviando al técnico un correo con el ID del participante para tomar la decisión final. Esta información debe obtenerse lo más rápido posible para no retrasar las sesiones de evaluación y al mismo tiempo asegurarse de que el participante esté seguro para continuar en el estudio. Con todo esto, se pretende evitar que el participante firme consentimiento para comenzar las evaluaciones y luego encuentre un retraso mientras se obtiene información sobre la seguridad del dispositivo metálico implantado en su cuerpo.

3.1. Información al participante

El evaluador del proyecto debe ponerse en contacto con el participante del estudio aproximadamente 24 horas antes de la sesión de MRI. Esta llamada sirve como recordatorio de la cita y condiciones previas, además también ofrece una oportunidad para que el participante pregunte cualquier duda que le haya surgido.

En esta llamada telefónica se darán nuevamente las indicaciones a los participantes sobre el aparcamiento en las instalaciones del CIMCYC, así como una explicación detallada de la mejor ruta para llegar al centro y donde se reunirá el evaluador con ellos.

Al participante se le recordará que debe quitarse joyas, cualquier dentadura removible, o algún otro elemento que pueda ser incompatible con la evaluación de MRI. También se le debe decir que debe usar ropa cómoda. Se debe hacer énfasis a las mujeres que usen un sostén deportivo que no tenga aros metálicos.

Si corresponde, puede ser necesario reforzar la idea de que una vez que se haya programado la sesión MRI, esta cita debe mantenerse como una alta prioridad para el participante y asegurarse de que entiendan que es mejor NO cancelar esta cita. Y que solo en caso de que surgiera una emergencia deberán cancelar la cita llamando al evaluador lo antes posible.

Toda esta información está en el *Anexo2.5.Condiciones_previas_Sesión3*, para que esto pueda revisarse en esta llamada telefónica. Esta información debe estar en una fuente de mayor tamaño para que los adultos mayores puedan leerla más fácilmente

3.2. Configuración mando de respuestas

Antes de proceder a realizar la prueba de resonancia magnética hay que configurar el mando de respuestas (mando derecho) para asegurarnos que se recibe la señal de una forma correcta. Para ello, se deberá ingresar a la cuenta de “Agueda Project” en el ordenador de la sala de control de la resonancia magnética. En el escritorio se encontrará el programa “Evoke”.

Los pasos para configurar el mando son:

1. Cargar el archivo con la configuración de respuesta que se ha preestablecido “Load xx”. El archivo de la configuración se denomina “Agueda.evk”.
2. Una vez cargado el archivo, se debe ir a la pestaña que aparece a la izquierda de “Connections” y hacer clic en “Autoconnect”.
3. Ahora hay que poner atención en dos cosas: a) que el piloto del mando que está en la sala de control de la resonancia esté parpadeando y b) que en la parte inferior de la pantalla del programa aparezca el puerto activo y conectado a cualquier puerto, p.e., “Port:CM5”.
4. Después, se debe comprobar que las respuestas están siendo registradas tocando los botones del mando. Si todo va correctamente, avanzar al paso 6.
5. En caso de que ocurra algún error, se debe desconectar el cable USB del mando, apagar y encender la caja de conexión del mando y realizar todos los pasos de nuevo.
6. Una vez se comprueba que las respuestas están siendo registradas, ir a la pestaña “Connections” y clicar en “Enable keyboard”. En este momento aparecerá el puerto como desconectado, p.e. “Port disconnected”. Ahora se debe comprobar nuevamente que se registran las respuestas como teclado.
7. Para esta comprobación, abrir un archivo del bloc de notas y presionar los botones. Deberán aparecer las respuestas escritas según la configuración de respuesta que hemos realizado en el archivo “Agueda.evk”. Es importante identificar en el bloc de notas al pulsar el dedo índice (si coincide) debe aparecer una letra Z, y al pulsar el dedo medio (no coincide) debe aparecer una M.
8. Si los números no aparezcan escritos, recordar ACTIVAR el bloqueo numérico del ordenador dándole a la tecla “Bloq. Num” y asegurarse que está en verde en todo momento cuando el participante realice la tarea.

Por último, se debe tomar en consideración que el técnico de la resonancia deberá darle 2 PULSOS en la máquina de sincronización con la resonancia (los cuales serán registrados como una “s”) para poder pasar las dos primeras pantallas de instrucciones. Tras esto, serán los propios participantes los que cliquen los botones para poder pasar a la siguiente pantalla.

3.3. Resolución de pantalla para la tarea

Es muy importante comprobar, antes de realizar la tarea con los propios participantes, que la configuración de la pantalla no se ha modificado y, por tanto, las instrucciones y los ítems de respuesta se ven a la perfección. La resolución que debe aparecer para evitar cualquier tipo de inconveniente es la siguiente:

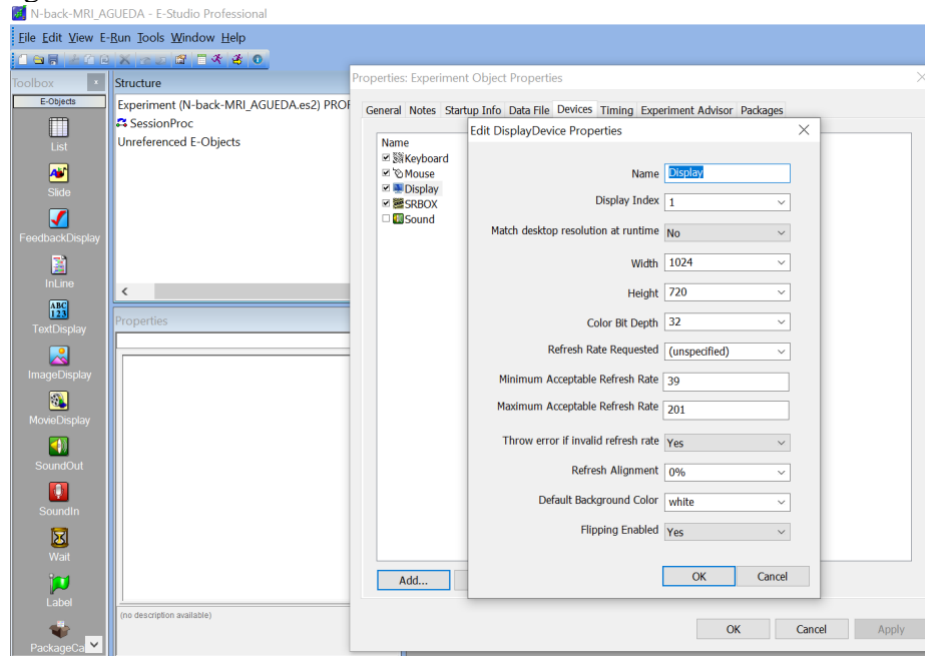


Figura 3. Resolución de pantalla tarea E-prime.

4. Procedimiento día de prueba

4.1. Recepción

1. El evaluador recibe al participante que llega a las instalaciones de MRI ubicadas en el CIMCYC.
2. El evaluador explica la secuencia de eventos y responde preguntas.

Las y los evaluadores de AGUEDA deben hablar con el participante sobre el examen. Preguntar si alguna vez se ha hecho una MRI antes, ya que esta información le será informativa sobre lo que experimentarán en este examen. Explique brevemente que completará una tarea breve que es similar a un "juego de ordenador" dentro del imán, así como otras tareas similares fuera de él. Recuerde lo que se espera de ellos, como estar completamente inmóvil durante aproximadamente una hora. Explique que habrá comunicación de manera regular mientras está en el aparato a través de un micrófono que podrán escuchar dentro de la máquina de MRI. Responda cualquier pregunta que pueda tener mientras se dirigen a la sala en la que se realizarán las primeras pruebas de E-prime, ya sea en el laboratorio 11. Una vez llegado al laboratorio, se deben realizar las tareas de E-prime con el participante antes de pasar al examen MRI,

en el capítulo **13.2.Pruebas Cognitivas (Computarizadas)** se encuentra el procedimiento y el detalle de estas evaluaciones.

4.2. Evaluación MRI

Una vez realizada las pruebas de E-prime, el participante se dirige hacia la sala de MRI a realizar el examen. Antes de ingresar al examen, al participante se le debe explicar la tarea que realizará en la máquina en detalle. Para ello, se debe utilizar un portátil y el archivo “N-back_PowerPoint.pptx”, que tiene exactamente las mismas instrucciones que verá en la pantalla durante la examinación. Durante este procedimiento, también se debe probar el mando que se utilizará en el examen, se debe solicitar al técnico un mando que tienen de prueba para hacer este paso. Lo más importante en este paso es garantizarse que el participante comprenda las instrucciones de la prueba y la utilización del mando de respuesta. Una vez realizado este procedimiento el participante está listo para ingresar a la sala de control de MRI (donde se encontrará el técnico). Se debe indicar al participante que se quite cualquier objeto metálico que lleve en el cuerpo. Para realizar el examen de MRI, el técnico tiene el documento **Anexo16.4Examen_MRI** que será el que deba seguir. Adicionalmente, al técnico se le ha entregado el archivo PDF y el archivo con extensión “.exar” para que se carguen en el aparato de MRI y arrancar las secuencias del proyecto.

4.3. Problemas auditivos

Algunos adultos mayores pueden llegar a la sesión de MRI con audífonos. Dependiendo de cuán grave sea su audición, después de que se quiten los audífonos al ingresar a la sala de MRI, es posible que tengan problemas para escuchar por el micrófono mientras se les da instrucciones. Si este es el caso con algún participante, se debe dar tantas indicaciones como sea posible antes de que entren en la sala de resonancia magnética. Hágales saber que se mostrarán las instrucciones para la tarea de N-back en la pantalla antes de que comience la tarea.

4.4. Selección de cortes para las secuencias


Todas las secuencias tendrán la misma selección de corte que estará alineada con AC/PC y configurada desde el primer mapa de campo. Una vez que esta selección de corte se establece desde el mapa de campo, deberá copiarse y pegarse en cada secuencia posterior, excepto la secuencia del hipocampo. Consulte a continuación el posicionamiento de corte para la secuencia T2 del hipocampo. Esta información es más que nada informativa, ya que el técnico ya habrá realizado este procedimiento. Usar las instrucciones descritas en la figura 4 para el ajuste de la secuencia específica del hipocampo:

Check coil selection and disconnect any coils that do not cover the scan range. (NC1 and NC2)

DO NOT CUT PARALLEL RANGES FROM MPRAGE. NO TIME!

Positioning:
 Drag in Sag Auto Align (Raw Images) from Patient Browser
 Always position to the **LEFT** hippocampus. After aligning to **LEFT** hippocampus, scroll back to center sagittal slice, and click perpendicular so that the slice volume is centered to the head.

Take care to cover head, body and tail of the hippocampus carefully. (This is essential for hippocampal tracing and segmentation! – Thanks AMC).



Shim:
 Auto shim is fine.

Figura 4. Ajuste secuencia hipocampo.

4.5. Examen de MRI incompleto

Existe la posibilidad de que un participante no complete todo el examen de MRI y salga del escáner anticipadamente. El participante puede fatigarse o comenzar a tener ansiedad después de estar en el escáner durante solo unos minutos. Si este es el caso, debe documentarse en el sitio de notas del instrumento de MRI en REDcap. Si es posible, programar que el participante regrese para completar las secuencias perdidas en una fecha posterior o más tarde dentro de la sesión. Considerando esto, esta situación debe ser informada a los coordinadores del proyecto para tomar la decisión de si este participante puede continuar (hacia la sesión 4) o se debe informar que deja de ser elegible para continuar en el estudio.

5. Procedimiento posterior a la prueba

5.1. Descarga y escaneo de datos

Una vez acabado el examen, los archivos obtenidos de la tarea de N-back en E-Prime deben traspasarse a un pendrive y guardarse en ordenador del proyecto, en la carpeta de MRI respectiva del participante. Los archivos E-Prime se nombran automáticamente y no deben cambiarse.

5.2. Exportación de datos

El traspaso de las imágenes obtenidas durante el examen de MRI será realizado a través de un servidor ftp desde el ordenador de MRI hacia el disco duro y

ordenador de IMUDS. El técnico tendrá acceso a una carpeta denominada MRI_data_raw, en la cual se encontrarán las carpetas de cada participante incluidos en el proyecto (“/Volumes/Agueda_Project/MRI_data/Participants/XXX/TX/MRI”. Una vez acabada cada evaluación, el técnico realizará la transferencia de archivos DICOM correspondiente a cada participante.

5.3. Revisión y control de calidad de los datos

Una vez los datos han llegado al ordenador del proyecto, se llevarán a cabo algunos filtros de control de calidad de los datos automatizados que son descritos en el capítulo de control de calidad de MRI. **Ver capítulo Control de calidad MRI.** Adicionalmente, se debe verificar en REDcap que todos los datos se hayan ingresado correctamente.

6. Índice de anexos

- Anexo16.3Cuestionario_seguridadMRI
- Anexo16.4Examen_MRI
- Anexo16.5Parametros_MRI

Anexo16.4. Examen_MRI

Instrucciones durante el examen de MRI

En el siguiente documento se hace una breve descripción de los eventos que ocurren mientras el participante está en el examen de MRI. Esto incluye tanto las indicaciones aproximadas que se le dan al participante, así como las pantallas que deben aparecer en cada secuencia.

1. Secuencias Scout, MPRAGE, T2 y de hipocampo (12 min):

- a. Abrir el archivo **“Cruz_MRI.jpeg”** (el que tiene escrito encima de la cruz **“por favor mantenga su mirada en la cruz”**) de la ruta Agueda_project/ o en el propio escritorio del ordenador, y colocar en la pantalla de la MRI en modo pantalla completa.
- b. Indicar al participante que debe estar lo más relajado y quieto posible durante los próximos minutos, que debe mantener los ojos abiertos mirando a la cruz de la pantalla. Recordar que escuchará un ruido intenso y no debe asustarse.
- c. El T2 y el pCASL tienen su propia alineación y tienen una cobertura cerebral más completa. (si el técnico lo solicita, copie las secciones centrales y ajuste el volumen desde el estado de reposo)
- d. Recordar las indicaciones de la imagen para ajustar la secuencia del hipocampo (ver figura 1).

Check coil selection and disconnect any coils that do not cover the scan range. (NC1 and NC2)

DO NOT CUT PARALLEL RANGES FROM MPRAGE. NO TIME!

Positioning:

Drag in Sag Auto Align (Raw Images) from Patient Browser

Always position to the **LEFT** hippocampus. After aligning to **LEFT** hippocampus, scroll back to center sagittal slice, and click perpendicular so that the slice volume is centered to the head.

Take care to cover head, body and tail of the hippocampus carefully. (This is essential for hippocampal tracing and segmentation! – Thanks AMC).



Shim:

Auto shim is fine.

Figura 1. Indicaciones secuencia hipocampo.

Al finalizar la adquisición: Comprobar que la adquisición de la imagen ha sido correcta. Esto, se podrá hacer de forma rápida siguiendo los siguientes pasos:

- **Paso 1.** Comprueba que el participante ha mantenido una posición correcta a lo largo de todo el escáner (ej., no hay partes del cuerpo desalineadas, no hay ningún tipo de inclinación en la cabeza, etc.).
- **Paso 2.** Comprueba que la imagen tiene buena resolución, y que no hay ningún tipo de brillo o solapamiento extraño.
- **Paso 3.** Si se ha tenido que repetir la adquisición, guardar solo una adquisición por secuencia.

2. Secuencias fMRI Rest y NBack (20 min):

a. Estas secuencias tienen la misma selección de corte que es axial, alineadas en AC/PC y configurada desde el primer mapa de campo de Rest. El técnico debe copiar esta selección de corte de este mapa de campo y pegarlo en cada una de estas secuencias respectivas. Esto debería alinearse igual que la secuencia MPRAGE.

b. Secuencia fMRI Rest: Mantener el archivo “**Cruz_MRI.jpeg**” (esta vez el archivo **sin texto, en el que solo aparece una cruz central**) en la pantalla durante el Rest e indicar al participante que debe estar lo más relajado y quieto posible durante los próximos minutos, que debe mantener los ojos abiertos mirando a la cruz de la pantalla.

c. Secuencia Nback fMRI.

- **Configuración mando de respuestas:** Antes de proceder a realizar la prueba de resonancia magnética deberemos de haber configurado el mando de respuestas (mando derecho) para asegurarnos de que se recibe la señal de una forma correcta. Se realizará con el programa “Evoke”, situado en el escritorio. Los pasos para configurar el mando son:
 - Cargar el archivo con la configuración de respuesta que nosotros hemos preestablecido “Load xx”. El archivo de la configuración se denomina “Agueda.evk” en la ruta Agueda_project/ Tarea MRI/N-back_MRI/Configuración mando
 - Una vez cargado el archivo, deberemos de ir a la pestaña que aparece a la izquierda de “Connections” y hacer clic en “Autoconnect”.
 - Ahora deberemos fijarnos en dos cosas: a) que el piloto del mando que está en la sala de control de la resonancia esté parpadeando y b) que en la parte inferior de la pantalla del programa aparezca el puerto activo y conectado a cualquier puerto, p.e., “Port:CM5”.
 - Después, comprobaremos que las respuestas están siendo registradas tocando los botones del mando.
 - En caso de que ocurra algún error, debemos desconectar el cable USB del mando, apagar y encender la caja de conexión del mando y realizar todos los pasos de nuevo.
 - Una vez nos aseguremos de que las respuestas están siendo registradas, iremos a la pestaña “Connections” y clicaremos en “Enable keyboard”. En este momento aparecerá el puerto como desconectado, p.e. “Port disconnected”. Ahora deberemos de comprobar nuevamente que se registran las respuestas como teclado.
 - Para esta comprobación, abriremos un archivo del bloc de notas y le daremos a los botones. Deberán de aparecer las respuestas escritas según la configuración de respuesta que hemos realizado en el archivo “Agueda.evk”.
 - En caso de que los números no aparezcan escritos, deberemos de ACTIVAR el bloqueo numérico del ordenador dándole a la tecla “Bloq. Num” y cerciorándonos de que está en verde en todo momento cuando el participante realice la tarea.
- **Abrir tarea N-back.** Abrir el archivo “*n-back-MRI_AGUEDA (E-run 2.0 script file)*”, en la ruta Agueda_project/ Tarea MRI/N-back_MRI/
 - Explicar brevemente que ahora viene la tarea que practicó previamente, indicar que primero se probarán los botones, y posteriormente comenzará la prueba. Explicar que debe estar atento a la pantalla.
 - Para iniciar la tarea, el técnico de la resonancia deberá de darle 2 PULSOS en la máquina de sincronización con la resonancia (los cuales serán registrados como una “s”) para poder pasar las dos primeras pantallas de instrucciones. Tras esto, serán los propios participantes los que cliquen los botones para poder pasar a la siguiente pantalla.

- Mientras se dan las indicaciones, correr la prueba de los botones, que es el momento de “práctica”. En ese momento la secuencia no debe estar activa.
- Posterior a la práctica, en el momento que aparece en la pantalla “Ahora comenzará la prueba” se debe iniciar la secuencia, de esta manera, la secuencia registrará solo la ejecución de la tarea, y no la práctica de esta. Así mismo, la tarea y la secuencia terminarán aproximadamente al mismo tiempo.

d. Al finalizar la adquisición: Comprobar que la adquisición de la imagen ha sido correcta. Esto, se podrá hacer de forma rápida siguiendo los siguientes pasos:

2. **Paso 1.** Comprueba que el participante ha mantenido una posición correcta a lo largo de todo el escáner (ej., no hay partes del cuerpo desalineadas, no hay ningún tipo de inclinación en la cabeza, etc.).
3. **Paso 2.** Comprueba que la imagen tiene buena resolución, y que no hay ningún tipo de brillo o solapamiento extraño.
4. **Paso 3.** Si se ha tenido que repetir la adquisición, guardar sólo una adquisición por secuencia.

3. Secuencias DTI, Flair, pCASL y Dixon (15 min)

- a. Abrir el archivo “**Relaxing_images.pptx**” y colocar en la pantalla de la MRI en modo pantalla completa de aquí en adelante.
- b. Explicar brevemente al participante que, en los siguientes 20 minutos, debe relajarse y mantenerse quieto mirando las imágenes que aparecerán en la pantalla. Destacar que en algún momento se moverá la camilla, que es normal y parte de la evaluación, no se debe asustar.
- c. El mapa de campo y la secuencia DTI tendrán una alineación AC/PC

4. Secuencias Dixon (45min)

- a) **Antes de comenzar la adquisición:** asegurarse de que el participante está tumbado en la camilla en una posición cómoda y correcta, y **sin ningún tipo de soporte en la cabeza** (almohada, cojín, etc.). Al participante se le dará la siguiente información:
 - “*Estire usted los brazos lo máximo posible hacia sus tobillos. Una vez que haya llegado a la máxima extensión de los brazos relájelos, al igual que sus hombros. Coloque los brazos debajo de su glúteo. La prueba durará en torno a 3 minutos. Intente relajarse y, si en algún momento se agobia dentro de la resonancia, háganoslo saber pulsando el botón del controlador. Animo, esta es la última parte del examen*”
 - Además, se le informará de que tiene que llevar a cabo **una apnea de 15 segundos cada vez que el técnico le avise** (la secuencia estará compuesta por varios bloques de 15 segundos durante los cuales el participante no podrá respirar para evitar artefactos de movimiento). Para que el participante no tenga dudas sobre que es la apnea, se le recordará que consiste: “Tendrá que *aguantar el aire o no respirar durante unos 15 segundos consecutivos. Inténtelo ahora. Muy bien. No*

sé preocupe, le daré la indicación en el momento exacto en el que debe aguantar la respiración, y cuando puede volver a respirar”.

- b) Durante la adquisición:** hay que recordar al participante que (i) esté la más quieto posible, (ii) mantenga la posición correcta (ej., no tenga un hombro más elevado que otro, y que cabeza y tronco estén posicionados en línea recta, etc.), y (iii) realice apnea cuando corresponda.
- Como referencia anatómica en la adquisición de la imagen, **el escáner siempre deberá tener como límite superior el atlas o vértebra cervical 1** (i.e., deberá comenzar en ese punto, dejando un pequeño margen por encima, ver figura 2). **El límite inferior de la adquisición de la imagen vendrá determinado por el tamaño del participante** (pues la secuencia y extensión incluidas siempre serán las mismas). Generalmente el **límite inferior del escáner coincidirá con la vértebra torácica Th5 (Th4-Th6)**, que suele ser cuando el corazón o la aorta descendente comienzan a visualizarse (ver, figura 3).

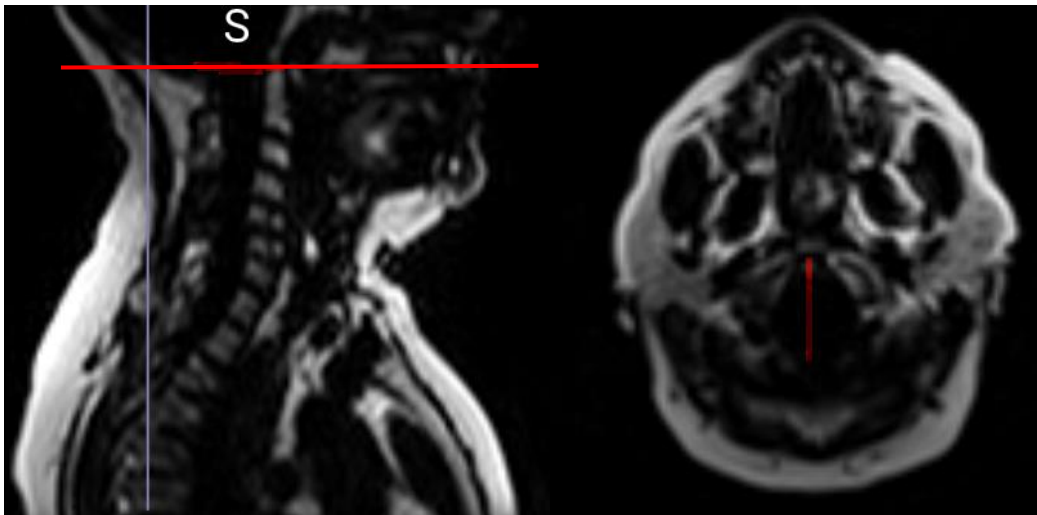


Figura 2. Límite superior del escáner durante la adquisición de la imagen. La línea roja, muestra el atlas o vértebra cervical 1. Recordar dejar un pequeño margen por encima.

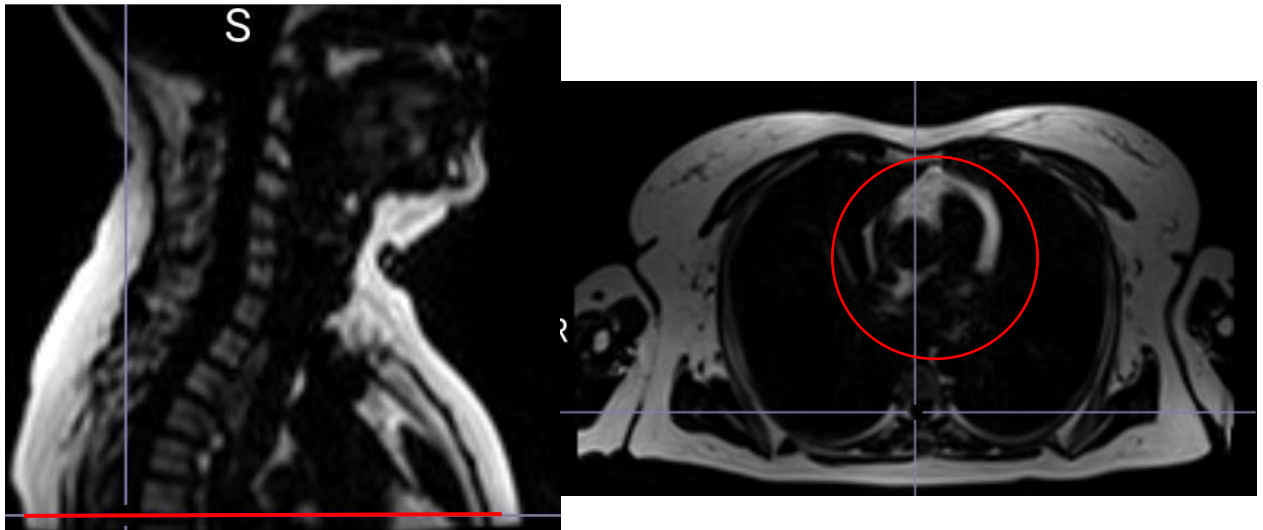


Figura 3. Límite inferior del escáner durante la adquisición de la imagen. La línea roja del lado inferior izquierdo muestra la vértebra torácica 5, que en función del tamaño del participante podría considerar el espacio entre Th4-Th6. Esto suele coincidir con la zona donde comienza a visualizarse la aorta descendente o corazón (ver, círculo rojo de la figura de la derecha).

- En caso de que la **persona no quiera o tenga dificultades** para llevar a cabo el escáner **con apnea** (ej., se mueva demasiado, es incapaz de realizar apnea, etc.), el **procedimiento se hará de forma natural (sin apnea)** pero pidiéndole que respire de forma suave y relajada. Y se modificará el nombre con el que se guarda la imagen, para que pueda ser identificado que se realizó sin apnea.
- c) **Al finalizar la adquisición:** Comprobar que la adquisición de la imagen ha sido correcta antes de informar al participante que a terminado. Esto, se podrá hacer de forma rápida siguiendo los siguientes pasos:
5. **Paso 1.** Comprueba que el participante ha mantenido una posición correcta a lo largo de todo el escáner (ej., no hay partes del cuerpo desalineadas, no hay ningún tipo de inclinación en la cabeza, etc.).
 6. **Paso 2.** Comprueba que la imagen tiene buena resolución, y que no hay ningún tipo de brillo o solapamiento extraño.
 7. **Paso 3.** Comprueba que no hay artefactos aparentes de locomoción (llamado efecto “ghosting”, ver figura 4).

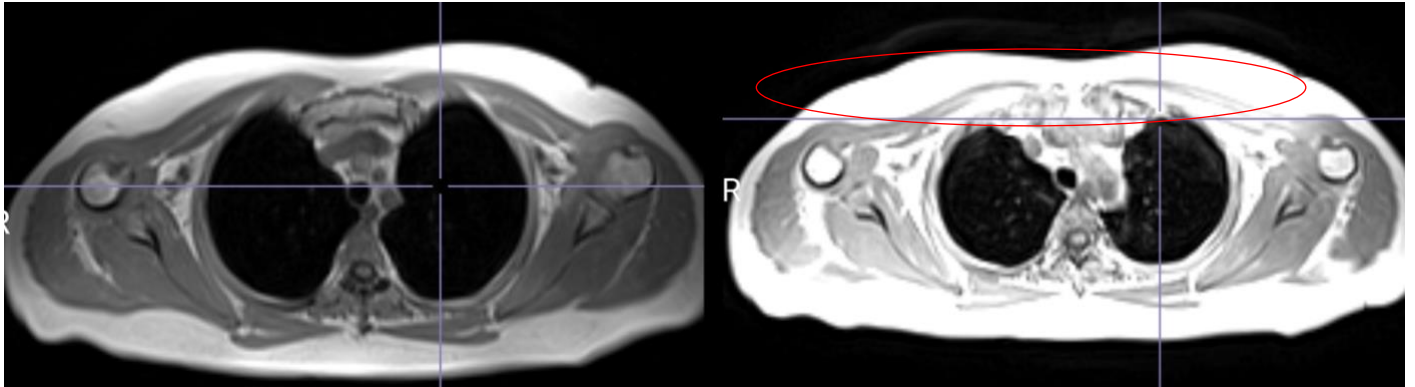


Figura 4. Ejemplo representativo de una imagen de cuello. A la izquierda, imagen sin ningún problema/artefacto visible (imagen tomada con apnea); a la derecha, imagen con el artefacto llamado “ghosting” o fantasma destacado con el círculo superior rojo (imagen tomada sin apnea).

Una vez comprobados estos tres pasos, se le informa al participante de que la prueba ha terminado.

5. Exportación de datos:

- Todas las imágenes serán volcadas diariamente al servidor.
- El traspaso de las imágenes obtenidas durante el examen de MRI será realizado a través de un servidor ftp desde el ordenador de MRI hacia el disco duro y ordenador de IMUDS. El técnico tendrá acceso a una carpeta denominada MRI_data_raw, en la cual se encontrarán las carpetas de cada sujeto incluidos en el proyecto (“/Volumes/Agueda_Project/MRI_data/Participants/101/T1/MRI”). Una vez acabada cada evaluación, el técnico realizará la transferencia de archivos DICOM correspondiente a cada participante.

Los protocolos incluidos en esta propiedad intelectual de la MRI han sido adaptados del proyecto IGNITE(Erickson et al., 2019).



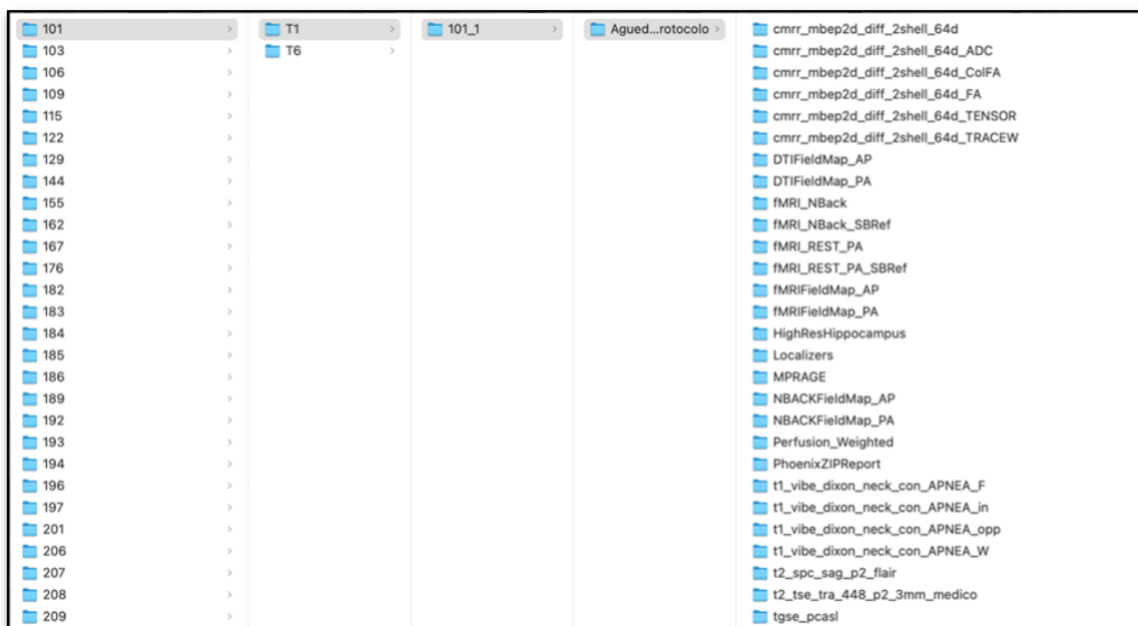
16.B. Evaluación de calidad de las imágenes de resonancia magnética

Índice

1. Control de calidad general de las imágenes	19
2. Inspección visual MPRAGE	20

1. Control de calidad general de las imágenes

1. Comprobar que en la carpeta **MRI_data_raw** encontramos la carpeta **Participants** en la cual se hayan las carpetas pertenecientes a cada participante. Estas incluyen una carpeta para las secuencias del tiempo 1 (**T1**) y una carpeta para las secuencias del tiempo 2 (**T6**).
2. En la carpeta **T1** y **T6** encontraremos el ID del participante seguido de _1 y _6 respectivamente. En el interior de estas encontramos la carpeta **Agueda_Protocolo** donde estarán todos los archivos correspondientes a las secuencias de la resonancia magnética (28 ítems) como podemos apreciar en la *Figura 1*. Es importante que los nombres sean tal cual, en la imagen, que no haya números al final porque si no el script no correrá correctamente.



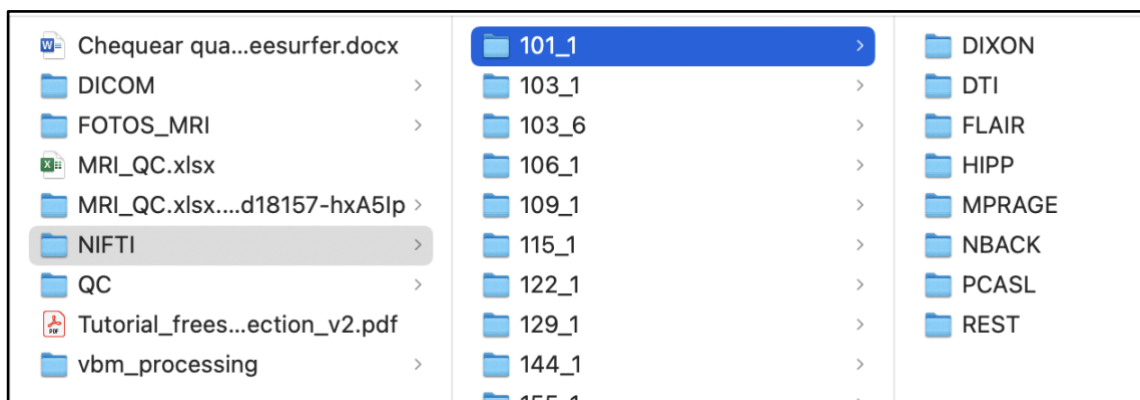
3. Cada una de las carpetas deberá contener el siguiente n° de ítems:

Figura 1: Organización de los archivos en la carpeta MRI_data_raw.

Carpeta	Nº Items
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d	129
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d_ADC	68
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d_ColFA	68
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d_FA	68
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d_TENSOR	1
cmrr_mbep2d_diff_2shell_64d_TRACEW	136
DTIFieldMap_AP	3
DTIFieldMap_PA	3
fMRI_NBack	190
fMRI_NBack_SBRef	1
fMRI_REST_PA	480

fMRI_REST_PA_SBRef	1
fMRIFieldMap_AP	3
fMRIFieldMap_PA	3
HighResHippocampus	30
Localizers	139
MPRAGE	224
NBACKFieldMap_AP	3
NBACKFieldMap_PA	3
Perfusion_Weighted	1
PhoenixZIPReport	33
t1_vibe_dixon_neck_con_APNEA_F	120
t1_vibe_dixon_neck_con_APNEA_in	120
t1_vibe_dixon_neck_con_APNEA_opp	120
t1_vibe_dixon_neck_con_APNEA_W	120
t2_spc_sag_p2_flair	208
t2_tse_tra_448_p2_3mm_medico	35
tgse_pcasl	20

- Una vez comprobado que las carpetas están nombradas correctamente y que contienen los ítems correspondientes, el siguiente paso es copiar los archivos y pegarlos en la carpeta DICOM en MRI_data, eliminando el nivel Agueda_Protocolo.

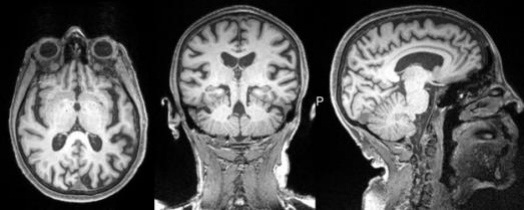
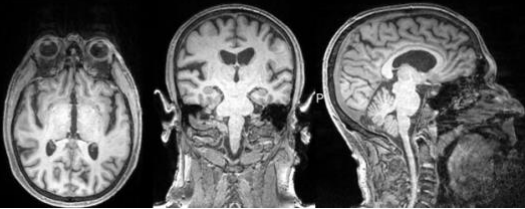
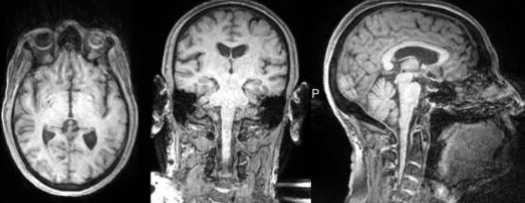


- Una vez que tenemos todas las carpetas de los participantes en DICOM, podemos correr el script `/Users/Agueda/Desktop/MRI/QC_MRI_PATO/aguada_mri_2021_01` en la aplicación *Terminal (Mac)* o *Visual Studio Code*. Esto transformará los archivos de DICOM a NIFTI con las correspondientes carpetas de las secuencias de RM como se puede apreciar en la figura 2.

Figura 2: Organización de los archivos en la carpeta NIFTI en MRI_data.

2. Inspección visual MPRAGE

- Una vez completados todos estos pasos, podemos pasar a evaluar la calidad de las imágenes. En primer lugar, crearemos un excel de registro en el cual colocaremos por fila los ID de todos los participantes seguido del tiempo al que corresponde la secuencia y por columnas Puntuación, Comentarios, Revisor 1 y Revisor 2. Utilizaremos la siguiente escala para la evaluación:

Rating	Description		
10	perfect	Good Quality	
9	excellent		
8	very good		
7	good		
6	fair to good	Doubtful Quality	
5	fair		
4	fair to poor		
3	poor	Poor Quality	
2	very poor		
1	unusable		

La puntuación que demos a cada imagen dependerá de si:

- Se identifica correctamente materia gris y materia blanca en todos los cortes y planos.
- Se identifican correctamente estructuras subcorticales
- La imagen presenta movimiento en todos los cortes y planos

- Teniendo esto claro, podemos comenzar a evaluar las imágenes. En este caso utilizaremos la de MPRAGE. Abriremos el archivo xxx.nii.gz en el programa MRICroGL y teniendo en cuenta lo anterior, iremos moviéndonos a través de los tres planos (axial, coronal o frontal, sagital) para dar una puntuación final que colocaremos en la columna de Puntuación seguida de un comentario si es necesario. Si hay una discrepancia mayor a xx entre evaluadores, un tercer evaluador visualizará las imágenes, y se llegará a un acuerdo entre los 3 revisores.

ID	Puntuacion	Comentario	Revisor_1	Final	COMENTARIOS SEGUNDA REVISION
101_1	6		6	6	OK
103_1	8				OK
106_1	7	se aprecia movimiento en todos los planos			UN POCO DE GIRO EN PLANO FRONTAL
109_1	8				OK
115_1	7				OK
122_1	9				OK
129_1	6	borroso en plano axial y sagital	7	7	OK
144_1	9				OK
155_1	7				OK
162_1	8				OK
167_1	7				OK
176_1	7	presenta movimiento en la parte trasera de la cabeza en plano sagital y axial			OK
182_1	4	muy borrosa en plano axial, como superpuesta	5	6	OK
183_1	8				OK
184_1	6	imagen en plano axial rotada, movimiento en la parte trasera de todos los planos, muy borrosa en plano axial	7	8	BASTANTE ROTACIÓN EN PLANO AXIAL
185_1	8				OK
186_1	3	muy movida y borrosa	5	5	OK
189_1	8				OK
192_1	7	movimiento en la parte de atrás en todos los planos.			OK
193_1	8				OK

Figura 3: Excel de registro de la calidad de las imágenes.

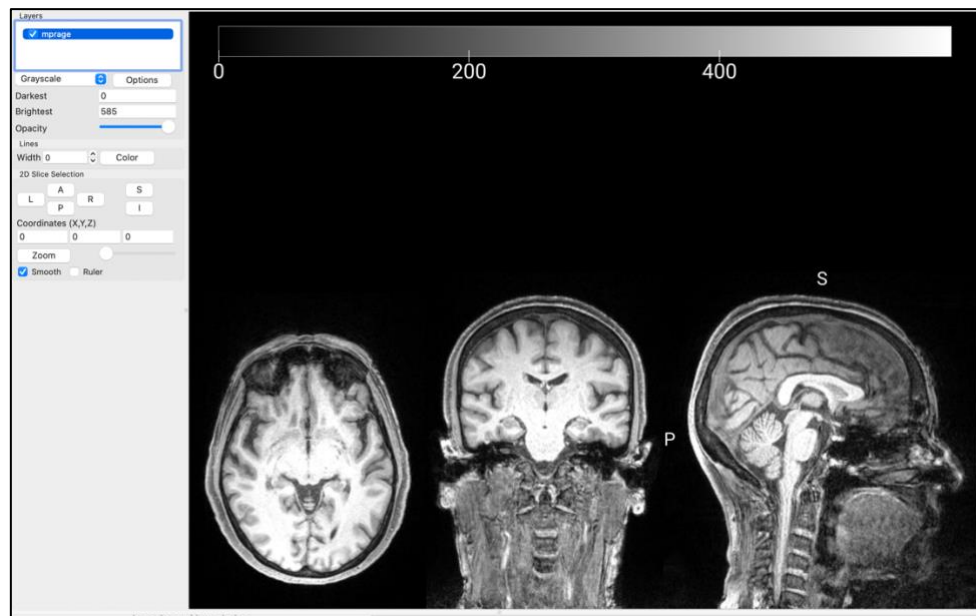


Figura 4: Visualización de las imágenes en el programa MRIcroGL.



Referencias

1. Erickson, K. I., Grove, G. A., Burns, J. M., Hillman, C. H., Kramer, A. F., McAuley, E., Vidoni, E. D., Becker, J. T., Butters, M. A., Gray, K., Huang, H., Jakicic, J. M., Kamboh, M. I., Kang, C., Klunk, W. E., Lee, P., Marsland, A. L., Mettenburg, J., Rogers, R. J., ... Wollam, M. E. (2019). Investigating Gains in Neurocognition in an Intervention Trial of Exercise (IGNITE): Protocol. *Contemporary Clinical Trials*, 85, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2019.105832>