



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA

T E S I S

**COMPARACIÓN DEL PROTOCOLO RÁPIDO DE IRM DE HOMBRO DE 5 MINUTOS
CON PROTOCOLO DE IRM DE HOMBRO ESTANDAR**

**QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y
TERAPÉUTICA**

PRESENTA:
Daniel Arenas Ruiz

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Aaron David Luna Espinoza
Hospital General del Estado de Sonora
COMITÉ TUTOR: Jesús Pedro Covarrubias Martínez
Hospital General del Estado de Sonora

Hermosillo Sonora; 17 de julio de 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hermosillo Sonora; 17 de julio de 2024

**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA
VOTO APROBATORIO DEL COMITÉ DE TESIS**

Hermosillo Sonora a 17 de julio de 2024

**DRA. MARÍA DEL SOCORRO MEDÉCIGO VITE
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN; HOSPITAL
GENERAL DEL ESTADO DE SONORA**

A/A: ÁREA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado el trabajo del médico residente de **cuarto** año: **Daniel Arenas Ruiz** de la especialidad de **imagenología diagnóstica y terapéutica**. Una vez revisado el trabajo y tras la evaluación del proyecto por medio de seminarios hemos decidido emitir nuestro **voto aprobatorio** para que el sustentante presente su investigación en su defensa de examen y pueda continuar con su proceso de titulación para obtener su grado de médico especialista.

**Dr. Aaron David Luna Espinoza
Tutor principal**

**Dr. Jesús Pedro Covarrubias
Martínez
Asesor de tesis**

OFICIO DE LIBERACIÓN DE TESIS DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis queridos padres, quienes siempre han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación. A mi esposa, por su paciencia, comprensión y amor incondicional durante todo este proceso. Y no puedo olvidar a mi fiel compañera Nala, que ha estado a mi lado.

También quiero agradecer sinceramente a todos los profesores del servicio de imagen por su invaluable orientación, conocimientos y dedicación en mi formación académica. Su guía ha sido fundamental en mi desarrollo como profesional.

Gracias a todos por ser parte de este importante logro en mi vida.

INDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS PARTICULARES	8
HIPÓTESIS CIENTÍFICA	8
MARCO TEÓRICO	9
MATERIALES Y MÉTODOS	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES	16
LITERATURA CITADA	17
ANEXOS	18

RESUMEN

Introducción: El manguito rotador es uno de los principales estabilizadores de la articulación glenohumeral, con especial relevancia la morbilidad ocasionada por lesión pudiendo ser traumática o en buena proporción degenerativa, formando parte de las principales etiologías del hombro doloroso, siendo la resonancia magnética simple el método de elección para su análisis, presentando la limitante de largos tiempos del estudio.

Objetivos: Se planea determinar la fiabilidad interobservador comparando un protocolo de adquisición de imágenes rápido, con el protocolo de adquisición de imágenes estándar de los pacientes con patología de hombro doloroso enfatizando el manguito rotador.

Material y métodos: Se realizó una revisión retrospectiva de 20 estudios de resonancia magnética de hombro con resonador de 1.5T con 4 secuencias de rápida adquisición y 9 secuencias de adquisición estándar en un solo centro en el periodo de marzo de 2024 a mayo de 2024 del servicio de imagenología realizados por especialistas en radiología. El acuerdo de la resonancia magnética rápida y estándar se probó comparando la concordancia entre lectores con protocolos (rápida vs estándar), en lesiones del manguito rotador, evaluado en estadísticas Kappa.

Resultados: Hubo un acuerdo sustancial entre ambos lectores para la presencia o ausencia de tendinopatía del tendón supraespinoso ($\kappa=0.7$, CI=0.38-1.0, $p=5.8$); siendo moderado para el desgarro del tendón supraespinoso ($\kappa=0.46$, CI=0.06-0.87, $p=0.01$); ligero para la tendinopatía del tendón infraespinoso ($\kappa=0.029$, CI=0.13-0.44, $p=0.44$) y desgarro del tendón infraespinoso ($\kappa=0.37$, CI=0.17-0.92, $p=0.08$); ligero para la tendinopatía del tendón subescapular ($\kappa=0.37$, CI=0.17-0.92, $p=0.08$). Al no presentar hallazgos en el volumen muestra de desgarro del tendón subescapular, tendinopatía/desgarro del tendón redondo menor, se da por hecho un valor de 0, no valorable estadísticamente, por lo que no son considerados para fines de este estudio.

Conclusión: El acuerdo interobservador mostro ser moderado y estadísticamente significativo para el desgarro del tendón supraespinoso, sin embargo, el intervalo de confianza fue pronunciado, así como un valor p prolongado por lo que es necesario realizar el estudio con mayor volumen muestra para poder definir adecuadamente la fiabilidad de los protocolos de adquisición rápida.

INTRODUCCIÓN

El método de imagen de elección de las lesiones del manguito rotador y articular glenohumeral del hombro es la imagen por resonancia magnética, por la superior resolución de tejidos blandos, con respecto a estudios basados en la emisión de rayos x, sin embargo, el proceso de obtención de imagen es considerablemente lento, debido a la inherente mecánica compleja de la adquisición en comparación con estudios radiográficos-tomográficos, los cuales tiene baja resolución de contraste de tejidos, siendo en promedio entre preparación del paciente y su egreso del equipo de resonancia de 25-30 min, considerando condiciones óptimas (paciente cooperador, sin movimiento, artefactos, etc).

Dichos protocolos de adquisición han progresado significativamente en las últimas dos décadas, manteniendo un equilibrio entre los tiempos y la calidad de la imagen. Al modificar los tiempos de adquisición y demás parámetros del equipo, se pueden realizar protocolos de adquisición rápida en detrimento de la calidad de imagen obtenida, dados los avances en los componentes del equipo se pueden obtener con la calidad suficiente para establecer un diagnóstico, siendo el objetivo comparar los protocolos para establecer la viabilidad de la adquisición rápido en determinadas circunstancias.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los tiempos de adquisición son prolongados para cierto grupo poblacional que no tolera la posición sin movimiento por largo tiempo, pudiendo realizar protocolos de adquisición rápida en menor intervalo de tiempo, minimizando el tiempo dentro del equipo y disminuir el riesgo de artefactos. ¿la calidad del protocolo de rápida adquisición es suficiente para establecer el mismo resultado que el protocolo estandar?

De ser adecuado el protocolo de adquisición rápida de imagen por resonancia magnética del hombro se optimizaría el tiempo de realización del estudio haciendolo más comodo para el paciente, reduciendo la posibilidad de artefactos de movimiento o intolerancia fija por tiempo prolongado, No teniendo costo económico ni de tiempo adicional en la investigación, no se expone al radiación de tipo ionizante al paciente.

OBJETIVOS

Se planea determinar la fiabilidad interobservador comparando un protocolo de adquisición de imágenes rapido, con el protocolo de adquisición de imágenes estandar de los pacientes con patología de hombro doloroso enfatizando el manguito rotador.

OBJETIVO GENERAL

Disminuir los tiempos de adquisición para disminuir los artefactos por movimiento e incomodidad en paciente poco cooperadores por diferentes circunstancias.

OBJETIVOS PARTICULARES

Disminuir los tiempos de adquisición con calidad de imagen suficiente para interpretación fiable de las imágenes.

Reproducibile con el protocolo estandar entre diferentes lectores.

HIPÓTESIS CIENTÍFICA

¿Al realizar secuencias de adquisición rápida por resonancia magnética de hombro, se pueden obtener imágenes suficientemente fiables y equiparables al protocolo de imagen estandar?

MARCO TEÓRICO

La resonancia magnética del hombro que utiliza secuencias multiplanares estándar requiere tiempos de exploración prolongados. Las secuencias aceleradas tienen desventajas en cuanto a ruido y resolución. La reconstrucción basada en aprendizaje profundo (DLR) puede permitir reducir el tiempo de escaneo manteniendo la calidad de la imagen sin embargo no disponible en la mayoría de los centros.

El principio fundamental de la resonancia magnética es la resonancia de protones de hidrogeno expuestos a un campo magnético a través de ondas de radiofrecuencia y un campo magnético dado. El elemento más abundante del cuerpo y utilizado para la resonancia es el hidrogeno, el cual presenta un único protón el cual tiene polaridad, lo que permite comportarse como un pequeño imán al estar expuesto a un campo magnético dado y alinearse con éste último. Al exponerse a un campo magnético fuerte y alinearse, se altera su momento magnético, se alinean de acuerdo al campo, comenzando a precesar, presentando una relación giromagnética que se mide en Hz y es llamada frecuencia de Larmor, siendo esta frecuencia de 42.58MHz/T, siendo esta una constante. Una vez los protones alineados y precesando a una determinada frecuencia, siendo en nuestro resonador de 1.5T, la cual es de 63.8MHz, los protones deberán ser estimulados con una onda de radiofrecuencia emitida por una antena (la cual cumple función emisora y receptora), exponerse dos cuerpos con una frecuencia similar estos tenderan a resonar, provocando que los protones de hidrogeno absorban esta energia y pierdan su alineación con el campo siendo el punto deseado posicionarse transverso a la alineación magnética, estos al volver a su posición inicial emiten una señal radiofrecuencia de vuelta en la misma frecuencia en la que fue recibido y perdiendo energia en forma de calor, dicha señal es recibida por la antena y posteriormente bajo un algoritmo matemático llamado transformada de Fourier y por procesos complejos transformada en una imagen digital. Todo este proceso, pareciendo rápido, lleva su tiempo siendo entre la emisión y recepción de la radiofrecuencia aproximadamente 1-2 segundos entre una y otra, además de mencionar que solo fue una sola señal, debiéndose procesar grandes números de datos dependiendo del área determinada a explorar del cuerpo, siendo la original la técnica Spin-Eco clásica, donde se recibe un “eco” por cada estímulo de radiofrecuencia. Por ello, se han desarrollado técnicas turbo o fast Spin-eco las cuales disminuyen drásticamente los tiempos de adquisición al

recibir múltiples ecos al provocar una inversión por ondas de radiofrecuencia entre cada spin-eco, permitiendo tener múltiples ecos, dos o hasta cientos de un solo spin-eco, acortando el tiempo del estudio, sin embargo, perdiendo la calidad de la imagen al “saturar” y perder señal con forme se prolonga el tiempo. Se han realizado una serie de mejoras en los protocolos de adquisición de imagen por resonancia magnética en las últimas décadas al reducir los tiempos de adquisición manteniendo o mejorando la imagen obtenida con las técnicas mencionadas anteriormente, sin embargo, actualmente los tiempos de adquisición se mantienen aun largos entre la preparación, posicionamiento del paciente y toma de imágenes, siendo que a mayor tiempo del estudio, mayor incomodidad y movimiento del paciente limitando la calidad de la imagen. Al realizar un ajuste en el tiempo de adquisición al modificar los tiempos de repetición, de eco, el tren de eco, factor de aceleración y número de excitaciones se logra disminuir los tiempos ajustando al parametro deseado, manteniendo la calidad de imagen lo suficientemente adecuada para la interpretación de los estudios. Se establecieron protocolos de adquisición rapida en promedio de 5 minutos para resonador de 1.5T siendo estos 4 secuencias dadas por 3 secuencias T2 con saturación grasa en cortes axial, coronal y sagital, así como una secuencia de T1 sin saturación, comparando con los estudios de 25 min con 9 secuencias en nuestro medio, con el objetivo de determinar si tendra la suficiente fiabilidad para mantener el mismo valor diagnóstico entre estos dos protocolos de resonancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión retrospectiva de 20 estudios de resonancia magnética de hombro con resonador de 1.5T con 4 secuencias de rápida adquisición y 9 secuencias de adquisición estandar en un solo centro en el periodo de marzo de 2024 a mayo de 2024 del servicio de imagenología realizados por especialistas en radiología. El acuerdo de la resonancia magnética rápida y estándar se probó comparando la concordancia entre lectores con protocolos (rápida vs estándar), en lesiones del manguito rotador, evaluado en estadísticas Kappa.

Los parámetros modificados y preparados en el resonador de 1.5T Philips Achieva fueron los siguientes para el protocolo rápido.

Secuencias	TR (ms)	TE (ms)	Largo de tren de eco	Grosor de corte (mm)	Tiempo	Factor de aceleración	No de excitaciones	Matríz	FOV (cm)
T2WI axial con saturación grasa	3200-3470	44	16	3	1 min 14 s	2	2	256x179	12
T2WI coronal con saturación grasa	2700-3300	37	11	3	1 min 30 s	2	2.5	256x179	12
T2WI sagital con saturación grasa	2830-4310	47	19	3	1 min 8 s	2	2.2	256x166	12
T1WI sagital	548-620	8	3	3	28 s	2	1	256x166	12

Comparandose con las secuencias estandar preestablecidas por default en el equipo, siendo T1WI, T2WI y DPWI con saturación grasa en cortes axial, coronal y sagital.

Taxonomía de la investigación

De acuerdo al alcance del estudio se clasifica en correlacional, observacional, descriptivo transversal y retrospectivo, con el objetivos de dar un valor diagnóstico.

Población y periodo de estudio

Se realizarán en el hospital general del estado de sonora estudios de hombro con motivo de estudio de hombro doloroso, tanto en secuencias estandar T1, T2 y DP-SPAIR en cortes axial, coronal y sagital, así como las secuencias de rapida adquisición en T2-SPAIR en corte axial, coronal, sagital, y un corte sagital de T1.

Se seleccionarán los pacientes referidos por hombro doloroso de la población del nosocomio en el tiempo comprendido de 01 de marzo de 2024 al 30 de abril de 2024, ya previstos para realizar dicho estudio, entregando consentimiento informado para dar a conocer al paciente la prolongación del tiempo por adición del protocolo estandar de aproximadamente 5 min adicionales, habiendo autorizado se procedió a realizarlos.

Se hara comparación interobservador con dos lectores, siendo uno de ellos con alta especialidad en imagen de sistema musculoesquelético, comparando el rápida adquisición del experto en músculoesqueletico, contra el protocolo estandar evaluado por radiólogo general.

Muestreo estadístico

Se obtuvieron un total de 78 estudios, sin embargo considerando los criterios de exclusión y eliminación el valor a ser analizado fue un total de 20 estudios dentro de lo considerado para el proceso de comparación de concordancia. Se pide el analisis de los protocolos de rápida adquisición al radiólogo con alta en musculoesqueletico, mientras el radiólogo general evalúa los protocolos de adquisición estandar, sometiendo los resultados en evaluación interobservador por estadística Kappa, para evaluar su concordancia de los hallazgos del manguito rotador.

Criterios de selección de la muestra

Criterios de inclusión

Hombro doloroso con patología del manguito rotador

Criterios de exclusión

No contar con secuencias de rápida adquisición

Hombro sin patología de manguito rotador

Criterios de eliminación

Secuencias incompletas

Artefactos de la imagen que limiten la adecuada valoración

Recursos empleados

Recursos físicos

Resonador Philips Achieva 1.5T

Estación de trabajo Philips / Dicom Viewer - Philips Intellispace portal

Recursos humanos

Técnico radiólogo en turno

Médico radiólogo general

Médico radiólogo con alta especialidad en musculoesquelético

Recursos financieros

No se requirió fondo económico directo.

Descripción metodológica

Categorización de variables

La categorización fue diseñada con énfasis en la patología más común del hombro como causa de hombro doloroso siendo el manguito rotador el de mayor incidencia, por lo que se toman como variables categóricas binarias las siguientes:

Tendinosis del tendón supraespinoso
Desgarro parcial o total del tendón supraespinoso
Tendinosis del tendón infraespinoso
Desgarro parcial o total del tendón infraespinoso
Tendinosis del tendón subescapular
Desgarro parcial o total del tendón subescapular

Análisis estadístico

Se utilizó el programa Rstudio (Version 2023.06.1+524) para la realización de todos los análisis estadísticos.

Para cuantificar la fiabilidad interobservador de la protocolo rápido vs estandar, se calculó el porcentaje de acuerdo al coeficiente Cohen's Kappa. Se va a clasificar el acuerdo entre los observadores de acuerdo a Landis y Koch, dividiendo de pobre acuerdo si $Kappa < 0$, justo si $Kappa$ entre 0-0.2, ligero si $Kappa$ entre 0.2-0.4, moderado si $Kappa$ entre 0.4-0.6, sustancial si $Kappa$ entre 0.6-0.8, perfecto si $Kappa$ 0.8-1.0.

Aspectos éticos

De acuerdo a lo estipulado en el artículo No 17 de la ley general de salud en materia de investigación, el presente estudio se considera como una investigación sin riesgo.

Para los fines del estudio y proteger la privacidad del paciente, no se utilizarán datos personales ni identificación mediante número de expediente. Adicionalmente los datos no se pueden compartir públicamente. Los datos serán expuestos previa solicitud a la jefatura de enseñanza del hospital general del estado de Sonora, solamente en caso de ser necesario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras analizar la base de datos obtenida del periodo de marzo de 2024 a mayo de 2024 se determinó un tamaño de muestra de 20 pacientes, posterior a la aplicación de criterios de inclusión y exclusión.

Hubo un acuerdo sustancial entre ambos lectores para la presencia o ausencia de tendinopatía del tendón supraespinoso ($\kappa=0.7$, CI=0.38-1.0, $p=5.8$); siendo moderado para el desgarro del tendón supraespinoso ($\kappa=0.46$, CI=0.06-0.87, $p=0.01$); ligero para la tendinopatía del tendón infraespinoso ($\kappa=0.029$, CI=0.13-0.44, $p=0.44$) y desgarro del tendón infraespinoso ($\kappa=0.37$, CI=0.17-0.92, $p=0.08$); ligero para la tendinopatía del tendón subescapular ($\kappa=0.37$, CI=0.17-0.92, $p=0.08$). Al no presentar hallazgos en el volumen muestra de desgarro del tendón subescapular, tendinopatía/desgarro del tendón redondo menor, se da por hecho un valor de 0, no valorable estadísticamente, por lo que no son considerados para fines de este estudio.

Los valores obtenidos nos indican que el desgarro del tendón supraespinoso contaba con un acuerdo moderado, sin embargo, aunque el valor fue estadísticamente significativa, su intervalo de confianza fue muy amplio, lo cual nos sugiere un tamaño de muestra pequeño por lo tanto es indispensable realizar otro estudio con mayor muestra.

El resto de las variables muestran un acuerdo sustancial interobservador para la tendinopatía del tendón supraespinoso y ligero para el resto de las variables categóricas, siendo el más significativo para el tendón supraespinoso, sin embargo, de acuerdo al valor de p , no se cuenta con un volumen muestra significativo, por lo que los resultados no son adecuados y deben tomarse con reserva hasta presentar estudios adicionales con un volumen muestra mayor para determinar la viabilidad del intercambio del protocolo de rápida adquisición contra el protocolo de adquisición estándar.

CONCLUSIONES

El acuerdo interobservador en la interpretación del protocolo de adquisición rápida vs el protocolo estandar mostro ser moderado ($\kappa=0.46$) y estadísticamente significativo para el desgarro del tendón supraespinoso, deberá de tomarse con reserva dado el intervalo de confianza amplio, al igual que los resultados obtenidos del resto de las variables, siendo necesario la realización del estudio con mayor volumen muestra para mayor confianza de los resultados.

LITERATURA CITADA

Subhas, N., Benedick, A., Obuchowski, N. A., Polster, J. M., Beltrán, L., Schils, J., Ciavarra, G., & Gyftopoulos, S. (2017). Comparison of a Fast 5-Minute Shoulder MRI Protocol With a Standard Shoulder MRI Protocol: A Multiinstitutional Multireader Study. *American Journal Of Roentgenology*, 208(4), W146-W154.

<https://doi.org/10.2214/ajr.16.17041>

Hahn, S., Yi, J., Lee, H.-J., Lee, Y., Lim, Y.-J., Bang, J.-Y., Kim, H., & Lee, J. (2022). Image quality and diagnostic performance of accelerated shoulder MRI with deep learning–based reconstruction. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 218(3), 506–516.

<https://doi.org/10.2214/ajr.21.26577>

Bushong, S. C., & Clarke, G. (2015). *Magnetic resonance imaging: Physical and biological principles* (4a ed.). Mosby.

ANEXOS



SERVICIOS DE SALUD DE SONORA
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO
Comité Ética en Investigación
CONBIOÉTICA-26-CEI-002-20170517

Asunto: Dictamen CEI 2024-46

Hermosillo, Sonora al 11 de julio de 2024

DR. DANIEL ARENAS RUIZ
Presente. -

Sirva la presente para informar a usted, en relación a su solicitud de evaluación del Protocolo de Investigación con registro **CEI 2024-46** Titulado: **“Comparación del protocolo rápido de IRM de hombro de “5 minutos” con protocolo de IRM de hombro estándar”** Posterior a la evaluación del Protocolo de Investigación realizada el día 11 de julio de 2024, los integrantes del Comité de Ética en Investigación emiten el siguiente dictamen:

APROBADO

Sin otro particular por el momento me despido con un cordial saludo, quedo de usted para cualquier aclaración o duda.

ATENTAMENTE


DR. MAURICIO BELTRÁN RASCÓN
Presidente del Comité de Ética en Investigación
Hospital General del Estado de Sonora.



Boulevard Luis Donaldo Colosio Murreta S/N Colonia las Quintas C P 83240
Teléfono 6623199000 Hermosillo, Sonora.



GOBIERNO
de SONORA
DE SONORA



HOSPITAL GENERAL
DEL ESTADO DE SONORA

SERVICIOS DE SALUD DE SONORA
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA
COFEPRIS17CI26030105

Asunto: Dictamen CI 2024-46

Hermosillo, Sonora al 21 de mayo de 2024

DR. DANIEL ARENAS RUIZ
Presente. -

Sirva la presente para informar a usted, en relación a su solicitud de evaluación del Protocolo de Investigación con registro CI 2024-46 Titulado: "Comparación del protocolo rápido de IRM de hombro de "5 minutos" con protocolo de IRM de hombro estándar"

Posterior a la evaluación del Protocolo de Investigación realizada el día 21 de mayo de 2024, los integrantes del Comité de Investigación emiten el siguiente dictamen:

APROBADO

Sin otro particular por el momento me despido con un cordial saludo, quedo de usted para cualquier aclaración o duda.

ATENTAMENTE

DR. DAVID LOMELI ZAMORA
Presidente del Comité de Investigación
Hospital General del Estado de Sonora.

