

Efecto de la capacidad visoespacial en el rendimiento académico de estudiantes de anatomía médica

Effect of visuospatial ability on the academic achievement of students in a medical anatomy

Nicole Caldichoury-Obando¹ 
Cristian Araya² 
Cristian Romo³ 
Alejandro Ducassou⁴ 
María F. Porto⁵ 
Yuliana Flórez⁶ 
Jorge Herrera-Pino⁷ 
Daniela Ripoll⁸ 
Jahaira Escorcía⁹ 
Roxana Castillo-Acobo¹⁰ 
Rildo Bellido-Medina¹¹ 
Cesar E. Castellanos¹² 
Carol Saldías¹³ 
Loida Camargo¹⁴ 
Norman López¹⁵ 

¹ Mg. En educación. Universidad de Los Lagos. Osorno, Chile. Correo electrónico: andrea.caldichoury@ulagos.cl ORCID: 0000-0003-0813-5324

² Estudiante de Psicología. Universidad de los Lagos. Osorno, Chile. Correo electrónico: christianmarcelo.araya@alumnos.ulagos.cl . ORCID: 0000-0002-3167-7917

³ Mg. En Educación. Universidad de Los Lagos. Osorno, Chile. Correo electrónico: cromo@ulagos.cl ORCID: 0000-0002-8331-6080

⁴ Mg. en Neurociencias de la Educación. Universidad Mayor – Temuco, Chile. Correo electrónico: alejandro.ducassou@umayor.cl. ORCID: 0000-0003-2665-1998

⁵ MSc. En Neurociencias y Biología del comportamiento. Universitat de Barcelona. Barcelona, España. Correo electrónico: mporto@ub.edu ORCID: 0000-0002-3927-5808

⁶ Mg. En educación. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: yflorez1@cuc.edu.co ORCID: 0000-0001-6463-3411

⁷ Ph.D. en Medicina. Associate Professor College of Medicine Florida International University. Correo electrónico: jherreramdpd@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2690-4791

⁸ Estudiante de psicología. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: dripoll@cuc.edu.co ORCID: 0000-0002-9105-501X

⁹ Estudiante de psicología. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: jescorci@cuc.edu.co ORCID: 0000-0003-0195-8344

¹⁰ Ph.D. en Psicología. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú. Correo electrónico: rcastilloa@unsa.edu.pe ORCID: 0000-0002-6467-7796

¹¹ Ph.D. en Psicología. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú. Correo electrónico: rbellidome@unsa.edu.pe ORCID: 0000-0002-8699-3490

¹² Ph.D. en Psicología. Instituto Dominicano para el Estudio de la Salud Integral y la Psicología Aplicada. Correo electrónico: Cesarcastellanos1@gmail.com ORCID: 0000-0003-3464-4085

¹³ Ph.D. en Investigación Gerontológica. Universidad San Sebastián. Valdivia, Chile. Correo electrónico: carol.saldias@uss.cl ORCID: 0000-0002-4446-9295

¹⁴ Ph.D. en Neurociencia Cognitiva Aplicada. Universidad del Sinú. Cartagena de Indias, Colombia. Correo electrónico: loida.camargo@hotmail.com ORCID: 0000-0003-0056-6832

¹⁵ Ph.D. en Psicología. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: nlopez17@cuc.edu.co ORCID: 0000-0003-1272-7429

Recibido: 21 de julio de 2022

Aceptado: 22 de diciembre de 2022

Publicado en línea: 30 de diciembre de 2022

Editor: Matilde Bolaño García 

Para citar este artículo: Caldichoury-Obando et al. (2022). Efecto de la capacidad visoespacial en el rendimiento académico de estudiantes de anatomía médica. *Praxis*, 18(2), 364-376.

RESUMEN

La capacidad visoespacial se asocia con habilidades clínicas en la educación médica, ya que predice el desempeño académico de los estudiantes de anatomía. **Objetivo:** Determinar si el procesamiento visoespacial genera cambios en la enseñanza de la Anatomía Médica y predice el desempeño académico en esa asignatura. **Método:** 140 estudiantes evaluados al inicio de semestre y antes de exámenes finales con el Test de la Figura Compleja de Rey. Se realizaron análisis *t* de Student para contrastar las diferencias pre y pos-test, *d* de Cohen para medir el tamaño de efecto y regresión lineal para evaluar la predicción con las notas finales. **Resultados:** Edad promedio 20.22 años (DE=1.12), media de calificaciones 4.96 (DE=1.20). El 70% de los estudiantes aprobó la asignatura. La prueba *t* reporta diferencias significativas del TFCR (Evocación de Memoria: $t=-17.383$; $p<0.001$; Evocación diferida: $t=-16.547$, $p<0.001$) con un tamaño del efecto mediano ($d=0.59$ y $d=0.56$), respectivamente. Las puntuaciones obtenidas en el post-test en la tarea de memoria diferida del TFCR, explicaron hasta en un 90% el desempeño académico de los estudiantes. **Conclusiones:** La memoria diferida del instrumento predijo el rendimiento académico y el aprendizaje de anatomía mejoró el desempeño en la función visoespacial de los estudiantes.

Palabras clave: estudiantes universitarios, Anatomía Médica, visoespacialidad, rendimiento académico

ABSTRACT

Visuospatial ability is associated with clinical skills in medical education, as it predicts the academic performance of anatomy students. Objective: To determine whether visuospatial processing generates changes in the teaching of Medical Anatomy and predicts academic performance in that subject. Methods: 140 students were evaluated at the beginning of the semester and before final exams with the Rey Complex Figure Test (CRFT). Student's *t*-tests were performed to contrast pre- and post-test differences, Cohen's *d* to measure effect size, and linear regression to evaluate prediction with final grades. Results: Mean age 20.22 years (SD=1.12), mean grade point average 4.96 (SD=1.20). Seventy percent of the students passed the course. The *t*-test reports significant differences of TFCR (Memory recall: $t=-17.383$; $p<0.001$; Delayed recall: $t=-16.547$, $p<0.001$) with a medium effect size ($d=0.59$ and $d=0.56$), respectively. The scores obtained in the post-test on the TFCR deferred recall task explained up to 90% of the students' academic performance. Conclusions: The instrument's deferred memory predicted academic performance and anatomy learning improved students' visuospatial function performance.

Keywords: medical students, Medical Anatomy, visuospatial ability, academic achievement.

INTRODUCCIÓN

El Procesamiento Visoespacial (PV) se refiere a una compleja función neurocognitiva orientada a enfocar y discriminar visualmente la ubicación de estímulos con relación a referencias físicas del entorno, facilitando la orientación en el espacio (Borsting, 1996; Trés & Dozzi Brucki, 2014). Favorece la representación mental de estímulos internos y externos, el reconocimiento de objetos, y la ubicación de lugares. Así mismo, permite la ejecución de acciones con el cuerpo en relación con las dimensiones, particularidades y distancia de los estímulos registrados (Galindo, 2016; Merchán & Henao, 2011).

Linn y Petersen (1985) describen el PV como una competencia espacial que permite a quien la desarrolla y entrena, representar, generar, recordar y transformar información simbólica no lingüística, que puede agruparse en tres categorías: 1. Percepción espacial, referida a la capacidad de ubicar, orientar y hallar la referencia del estímulo. 2. Rotación mental, que alude a la capacidad de girar mentalmente objetos bidimensionales o tridimensionales en bloque. 3. Visualización, como habilidad para generar una imagen mental, efectuar transformaciones cognitivas sobre ésta y retener los cambios producidos (Buckley et al., 2018; Vázquez & Noriega, 2011).

El PV se ha estudiado en diversas poblaciones y se ha identificado que tiene un gran impacto en el rendimiento académico de las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, denominadas STEM (Freina et al., 2018; Hodgkiss et al., 2018; Wai et al., 2009). Por lo que, sin lugar a duda, uno de los componentes cognitivos más importantes para el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes; sobre todo, para aquellos que tienen una relación estrecha con estas disciplinas (Bolaño García et al., 2021; Kiernan et al., 2021; Liu et al., 2021).

En profesiones afines a las ciencias naturales, el procesamiento visoespacial ha demostrado tener gran utilidad para la comprensión de las fases lunares (Galperin et al., 2020). En la enseñanza de la biología, se ha empleado la técnica de rotación

mental en 3D, para la manipulación de la química orgánica virtual; demostrando excelentes resultados en la enseñanza (Barrett & Hegarty, 2016). Mientras que, en la educación física, se demostró eficacia durante los entrenamientos deportivos posterior a implementar pruebas de rotación mental en 3D (Moreau et al., 2012).

La evidencia señala que el PV ha tenido gran relevancia en la ejecución de oficios que requieren habilidades de exploración y representación mental. Se ha encontrado que los músicos se desempeñan de forma más eficiente en las tareas visoespaciales que los sujetos no músicos (Grassi et al., 2017); y en los conductores que usaron mapas electrónicos 3D, se evidenció un mejor desempeño visoespacial que en aquellos conductores que no emplearon la técnica (Chao et al., 2014).

En medicina, durante la formación de grado o posgrado, es fundamental la habilidad para recordar y manipular mentalmente objetos en varias dimensiones. Lo cual está relacionada con la capacidad de razonamiento y procesamiento visoespacial (Lufler et al., 2011; Rojas Cordero, 2019). Esta capacidad de visualización espacial es esencial en el desempeño de la práctica médica y se encuentra asociada con la adquisición, aumento y el mantenimiento en una variedad de habilidades quirúrgicas y clínicas (Bogomolova et al., 2019; Harrington et al., 2018), tanto en sujetos experimentados en la práctica clínica como en principiantes (Keehner et al., 2004; Shafqat et al., 2015). Igualmente, se han relacionado positivamente las habilidades quirúrgicas y clínicas con las exigencias académicas, las estrategias de aprendizaje y las características individuales de los estudiantes (Hinze et al., 2013; Ramírez-Sánchez et al., 2018).

Es frecuente que en un procedimiento quirúrgico estructuras como venas, huesos y tendones no se encuentren claramente visibles. Por lo cual, el profesional necesita tener una clara representación mental del lugar donde se encuentran las diversas estructuras anatómicas al momento de llevar a cabo una incisión. En este caso, el PV es indispensable para efectuar una correcta interpretación de imágenes médicas como las producidas por técnicas

de imagenología (Holznecht et al., 2011; Shafqat et al., 2015). Para lograr un rendimiento óptimo en la ejecución de estos procedimientos de visualización espacial, es crucial que el médico, y también el estudiante de medicina, presente un correcto conocimiento de la anatomía humana tanto a nivel teórico como práctico (Hoyek et al., 2009; Ma et al., 2012; Rodríguez-Herrera et al., 2019).

En el entrenamiento de especialidades clínicas en medicina, la capacidad visoespacial se ha asociado con la calidad en el desempeño de las habilidades quirúrgicas y médicas (Amouzeshi et al., 2021; Kalun et al., 2020). En la formación de pregrado en medicina, el PV se ha relacionado positivamente con el rendimiento en morfología, donde se han implementado tareas conductuales (López Velásquez et al., 2017), programas computarizados bidimensionales y tridimensionales (Labranche et al., 2022; Rabattu et al., 2022; Rengier et al., 2013) y consolas de video juego, para mejorar los procesos de aprendizaje y entrenar la función visoespacial de los estudiantes, conducente a la generación de competencias clínicas (Liesefeld & Zimmer, 2013; Rodán González, 2019). Sin embargo, pocos estudios han abordado la relación entre la capacidad visoespacial y el rendimiento académico en asignaturas preclínicas, como la anatomía (Guillot et al., 2006; Lufler et al., 2011).

En la literatura se han detectado algunos casos sobre modelos de predicción del rendimiento académico en estudiantes de medicina en el ciclo básico pre-clínico (Nabizadeh et al., 2019; White et al., 2009). Sin embargo, los estudios que buscan predecir el rendimiento académico en educación médica a partir de la capacidad visoespacial, a nivel global, han sido escasos (Bogomolova et al., 2019; Lufler et al., 2011). Latinoamérica no es ajeno a este panorama, pues a la fecha no se han detectado estudios asociados con la capacidad visoespacial en estudiantes de primer año de la facultad de medicina; los casos hallados corresponden a modelos de predicción del rendimiento académico desde un enfoque general; y en países como México (Flores-Hernández et al., 2016), Colombia (Vélez van Meerbeke & Roa González, 2005) y Paraguay (Ayala Servín et al., 2016) se han descrito algunos informes sobre algunos de estos casos.

En Chile han sido escasas las investigaciones que han realizado modelos de predicción del rendimiento académico de los estudiantes de medicina en el ciclo básico pre-clínico (Spormann et al., 2015; Zúñiga et al., 2009). Hasta el momento no se han realizado estudios predictores del rendimiento académico en educación médica, a partir de las capacidades visoespaciales de los estudiantes que ingresan a la carrera. Sólo se han estudiado las variables tradicionales de ingreso a la universidad, como las notas de secundaria y examen de selección universitaria, así como variables demográficas y estilos de aprendizaje, que contribuyen al desempeño académico de pregrado (Zúñiga et al., 2009). Por tanto, el objetivo de esta investigación es analizar los cambios en el procesamiento visoespacial producto de la enseñanza de anatomía médica, además de determinar si la capacidad visoespacial de los estudiantes de primer año de carrera de medicina predice el rendimiento en los exámenes finales de anatomía.

MÉTODO

Diseño y participantes

Estudio cuantitativo, no experimental, con medición transversal, de corte observacional; donde se incluyeron 140 estudiantes de primer semestre de medicina del sur de Chile, que tomaron la asignatura de anatomía macroscópica, durante el primer semestre del 2021. No se presentaron rechazos o pérdida de casos en el estudio. Pero se excluyeron estudiantes que hubiesen reprobado la asignatura de anatomía, cursándola nuevamente. La participación de los estudiantes fue voluntaria, siendo notificados de la naturaleza de la investigación. Se obtuvo consentimiento informado previo a la medición cognitiva.

Instrumentos

Se administró el Test de la Figura Compleja de Rey (TFCR). Este instrumento permite conocer la organización perceptiva visual y el grado de fidelidad de la memoria visoespacial de los sujetos evaluados. Consiste en la copia y posterior reproducción de memoria de una figura geométrica compleja. Para esta investigación se trabajó con la fase de memoria inmediata (recuerdo de 3 minutos) que valora la calidad del proceso de aprendizaje incidental vía el mantenimiento activo de

información no verbal en la memoria a corto plazo, con el objetivo de conservar las representaciones visuales y protegerlas de estímulos irrelevantes (Ruíz-Vargas, 1959). Además, utilizamos la fase de evocación diferida a los 30 minutos (Rey, 2010) que busca valorar la fidelidad del aprendizaje visuoespacial vía la evocación de la información desde la memoria a largo plazo luego de una fase de interferencia; dichas tareas de interferencia no deben contener información de naturaleza mnémica. Para ambos casos se utilizó la forma de clasificación estándar sobre 36 puntos (Rey, 2010). Además, se registraron las calificaciones obtenidas en la asignatura y la edad de las personas evaluadas.

Procedimiento

Los estudiantes fueron evaluados con la prueba visoespacial, al inicio del semestre académico y antes de los exámenes finales. El curso de anatomía se realizó de forma presencial, con actividades teóricas y pasos prácticos con ayuda de maquetas, videos, software y muestras histológicas (macroscópicas), para reforzar aprendizajes de representación y rotación mental de las muestras morfológicas. Al finalizar el semestre se recogieron las notas obtenidas por los estudiantes en la asignatura. En Chile, el sistema de calificación para medir el rendimiento académico de los estudiantes de educación superior es numérico y el rango de calificación oscila entre 1 y 7 puntos; teniendo como parámetro definitivo de aprobación de una asignatura, una calificación mínima de 4.

Análisis estadístico

Para analizar el rendimiento al inicio y al final del semestre en la prueba visoespacial, se utilizó la prueba t de Student con un nivel alfa de 0,05, con el fin de identificar las eventuales diferencias significativas intergrupales. Además, se aplicó una regresión lineal para valorar el nivel de predicción de las variables objeto de estudio (el desempeño en las tareas de memoria inmediata y diferida del test

de la figura compleja de rey), sobre las notas obtenidas por los estudiantes del curso de anatomía. Finalmente, se realizaron análisis de tamaño del efecto, para el caso del contraste efectuado por las tareas del test visoespacial. Se utilizó d de Cohen en aquellos resultados que se mostraron significativos, a partir de la propuesta de Thalheimer y Cook (2002) Su interpretación es un efecto pequeño (0.15 - 0.40), un efecto mediano (0.40 - 0.75) y un efecto grande (+ 0.75).

Aspectos formales

El estudio se llevó a cabo siguiendo todos los procedimientos asociados al cumplimiento de los estándares éticos sobre experimentación humana, basados en la Declaración de Helsinki de 1975, revisada en 2008. Se contó con la participación voluntaria de los estudiantes y respaldo del centro de educación superior. Además, se obtuvo aprobación de comité de ética. La investigación está enmarcada en el contexto de un Consorcio internacional de investigación multicéntrica sobre el fenómeno de la NeuroEducación, donde participan 12 instituciones de educación superior de América Latina, el Caribe y Estados Unidos.

RESULTADOS

La edad promedio de los estudiantes fue de 20.22 años (DE=1.12), mientras que la media en la calificación de los estudiantes del curso de anatomía fue de 4.96 (DE=1.20), sobre un máximo de 7 puntos. Del total de los participantes, el 70% (n=98) obtuvo calificaciones aprobatorias al finalizar del semestre; mientras que el restante 30% (n=42) de los estudiantes reprobó la asignatura. Como se puede observar, en la tabla 1 se encuentran los resultados promedios obtenidos en la tarea de memoria inmediata y memoria diferida del test de la Figura Compleja de Rey; que se aplicó a los estudiantes, al inicio y al final del semestre.

Tabla 1. Variables sociodemográficas y resultados promedios en la prueba visoespacial al inicio y final de semestre

Test de la Figura Compleja de Rey (TFCR)	Inicio de semestre		Fin de semestre	
	Me	DE.	Me	DE.
Ptje Memoria inmediata	19.72	4.22	22.45	5.09
Ptje Memoria diferida	21.61	5.81	25.23	7.02

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se efectuaron análisis de diferencia de medias con *t* de Student, junto a contraste de variables con prueba *d* de Cohen. En este sentido, la tabla 2 muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la reproducción

de la tarea de memoria inmediata del TFCR, al inicio y al final del semestre ($t=-17.383$; $p<0.001$), con un tamaño de efecto mediano ($d=0.59$); así como diferencias significativas en la reproducción de la tarea de memoria diferida ($t=-16.547$, $p<0.001$), del test visoespacial; con un tamaño de efecto mediano ($d=0.56$).

Tabla 2. Comparación entre las dimensiones memoria inmediata y diferida, al inicio y fin de semestre

		Media	DE.	t	p valor	d de cohen
TFCR	MI pre-test	19,72	4,22	-17.38	0.000*	0.59
	MI post-test	22,45	5,09			
	MD pre-test	21,61	5,81	-16.54	0.000*	0.56
	MD post-test	25,23	7,02			

* $p<0.01$; MI pre/post-test: Memoria inmediata inicio/fin de semestre; MD pre/post-test: Memoria diferida inicio/fin de semestre.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se efectuó una regresión lineal, utilizando como variable dependiente el desempeño obtenido en el curso de anatomía, con el fin de analizar el nivel de predicción de las tareas del test de la Figura Compleja de Rey. En la tabla 3 se puede observar el efecto que tiene la reproducción de evocación diferida de la prueba visoespacial, luego de la enseñanza de la morfología, sobre las calificaciones finales obtenida por los

estudiantes en la asignatura de anatomía. Los resultados de la regresión lineal revelan que las puntuaciones obtenidas al final del semestre, en la dimensión Memoria Diferida del TFCR, predice las notas obtenidas por los estudiantes; llegando inclusive a explicar en más del 90% la variabilidad observada en dicha variable. Por lo que, la fase de memoria diferida al final del semestre académico sería el predictor de los resultados obtenidos por los estudiantes del curso de anatomía.

Tabla 3. Análisis de regresión para la memoria inmediata y diferida de la figura de Rey (V.D. notas)

		B	T	R2	Cambio en R2
Variables independientes	Memoria inmediata inicio de semestre	,025	,919	0.907	0.910
	Memoria inmediata fin de semestre	,018	,817		
	Memoria inicio de semestre	-,046	-1,561	8,666*	
	Memoria fin de semestre	,168	8,666*		

* $p<0.01$

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue analizar los cambios en la capacidad de procesamiento visoespacial, producto de la enseñanza de anatomía médica a lo largo del semestre; además de analizar si la capacidad de procesamiento visoespacial de los estudiantes lograba predecir el desempeño académico en la asignatura.

En primer lugar, se observaron cambios en el procesamiento visoespacial y un efecto del aprendizaje de anatomía. Nuestro estudio muestra que los estudiantes experimentaron beneficios significativos en el procesamiento de información visoespacial durante la participación en la asignatura de anatomía macroscópica. Se pudo observar que tanto la memoria inmediata como la memoria diferida, mejoró producto de la práctica constante de las tareas y actividades visoespaciales del curso de anatomía. Al respecto, se ha descrito que el aprendizaje, la representación y el uso de complejas representaciones espaciales mejoran la plasticidad sináptica de estructuras cerebrales como el hipocampo (Griesbauer et al., 2022). Lo cual, puede repercutir sobre la capacidad de aprendizaje y en el rendimiento académico en áreas de ciencias (Kiernan et al., 2021; Liu et al., 2021), pero no sólo en contenido visoespacial sino también verbal (Barel & Tzischinsky, 2018; Chabani & Hommel, 2014; Georges et al., 2021).

La evidencia disponible viene confirmando que el procesamiento visoespacial puede ser entrenado y perfeccionado gracias al aprendizaje de la anatomía (Patiño-Oviedo, 2019; Vorstenbosch et al., 2013). Al respecto, Hoyek et al. (2009) encontraron mejoras significativas en estudiantes de pregrado, en los desempeños promedios de las pruebas de rotación mental, después que los estudiantes practicaron ejercicios de naturaleza visoespacial. Por ello, los estudios sugieren que las actividades de enseñanza que estimulan habilidades de abstracción y representación espacial y mental, con o sin ayudas tecnológicas modernas, se relacionan positivamente con el rendimiento en ciencias, mejorando la comprensión de los fenómenos biológicos y morfológicos de los estudiantes (Gao et al., 2017; Hinze et al., 2013; Kashihara & Nakahara,

2011; Milner-Bolotin & Nashon, 2011; Nugent et al., 2012). Por tanto, la práctica de actividades espaciales en medicina tendría el potencial de mejorar el rendimiento en pruebas de habilidad visoespacial (Baenninger & Newcombe, 1989; Hoyek et al., 2009).

Por otro lado, se encontraron cambios en la capacidad visoespacial y en el rendimiento académico. Nuestros resultados indican que los estudiantes que tuvieron un mejor desempeño visoespacial en el TFCR, aprobaron la asignatura de anatomía médica, respecto de aquellos que lograron un bajo puntaje en el test y reprobaron el curso. La tarea de memoria diferida del instrumento permitió predecir el rendimiento académico de los estudiantes. Ahora bien, esta dimensión del instrumento es la más difícil de ejecutar, debido a que hay un período de interferencia de 30 minutos durante el cual el estudiante debe generar una estrategia de almacenamiento y organización perceptual, a nivel de la memoria visual. Esto exige que el sujeto retenga la información visoespacial en la memoria a largo plazo y luego reproduzca la tarea visoconstructiva, con ayuda de la capacidad de representación metacognitiva, de mentalización del estímulo; con el fin de lograr una correcta ejecución constructiva del dibujo. Por tanto, se espera que este hallazgo ayude a entender, por ejemplo, las diferencias individuales en la velocidad de respuesta de los estudiantes en los exámenes prácticos de anatomía médica. En un examen práctico, cuando se colocan en diversas posiciones los esqueletos articulados y desarticulados, así como las muestras cadavéricas etiquetadas, los estudiantes que tienen un buen procesamiento visoespacial, generen la capacidad de rotar y manipular mentalmente estas estructuras para identificar correctamente la conformación bidimensional o tridimensional de cada estructura y resolver eficientemente la tarea (Lufler et al., 2011)

En este estudio, la capacidad visoespacial pudo ser utilizada como un predictor del éxito en el curso de anatomía médica. En este sentido, los estudios de Rochford (1985) y Lufler et al. (2011), han logrado predecir a partir de los resultados en pruebas de ejercicios espaciales, geométricos y de rotación mental, los resultados en los exámenes teóricos y

prácticos de anatomía médica (Lufner et al., 2011; Rochford, 1985). Por lo que se puede sugerir que los educadores de anatomía puedan utilizar el TFCR como un pre-test para evaluar la capacidad visoespacial de los estudiantes y de esta manera identificar a los estudiantes que eventualmente podrían experimentar dificultades en este tipo de asignaturas. Por lo que las primeras intervenciones con recursos adicionales y tutoría pueden ser implementadas desde el inicio del curso.

CONCLUSIONES

La tarea de memoria diferida del test de la Figura Compleja de Rey, previo a los exámenes finales de la asignatura logró predecir el desempeño académico de los estudiantes. Igualmente, el aprendizaje de anatomía mejoró el desempeño en la función visoespacial de los estudiantes. La relación entre la capacidad visoespacial y el éxito académico es interesante; requiere una mayor investigación sobre las habilidades visuales y espaciales, para entender el rendimiento académico en otras disciplinas dentro de la educación superior, donde la habilidad visoespacial es fundamental; sin desconocer otras variables intervinientes.

A pesar de los interesantes resultados de este estudio, la investigación no está exenta de exhibir limitaciones. En primer lugar, para futuras investigaciones es necesario realizar algunos ajustes a las variables de análisis y la logística de la investigación. Por ejemplo, incluir un análisis más detallado de los tipos de evaluaciones (teórico y práctica), el tipo de preguntas para los exámenes teóricos que evalúen capacidad visoespacial y de rotación mental. Esto fue imposible de realizar en la presente investigación, debido a que no estaba contemplado en los protocolos de clases y planificaciones de la asignatura de los respectivos planes de estudio. Una limitación evidente del estudio fue la edad de los estudiantes, ya que esta ha sido relacionada con la capacidad visoespacial (Peters et al., 2007). Sin embargo, la población de estudiantes fue relativamente homogénea con respecto a la edad, por lo que no se pudieron hacer análisis significativos, y tampoco respecto del género (Peters, 2005). Otro elemento no controlado, fue el tiempo personal destinado al

estudio de la asignatura y al tiempo de estudio en laboratorio; debido a que logísticamente esta información no pudo ser recogida, dadas las consideraciones de pandemia. Por último, la falta de un grupo de control es una limitación para el diseño de este estudio. No fue posible contar con un grupo control, formado por estudiantes de primer año de medicina que no tomen el curso de anatomía. Para futuras investigaciones, se recomienda realizar mediciones con instrumentos sensibles a la rotación mental en 3D, para analizar además de las habilidades visoespaciales geométricas, capacidades de representación cognitiva desde diferentes planos espaciales, como las reportadas con el test de rotación mental (Hoyek et al., 2009; Lufner et al., 2011; Peters & Battista, 2008). Finalmente, a pesar de que el tamaño del efecto observado no es alto en las comparaciones de las puntuaciones en el TFCR, al inicio y fin de semestre, nos muestra que la práctica mental constante repercute en la capacidad funcional del individuo (rendimiento académico); y que, además, puede repercutir en la mejora de las habilidades cognitivas generales.

Agradecimiento: A todos los estudiantes de Medicina que decidieron participar en este estudio.

Declaraciones de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés durante la ejecución del trabajo o la redacción del artículo **NO** han incidido intereses personales o ajenos a su voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

REFERENCIAS

- Amouzeshi, Z., Changiz, T., Najimi, A., Saberifiroozi, M., Sadeghi, A., Farzanehfar, M., Khoshbaten, M., Mojtahedi, K., Sima, A., Taghvaei, T., & Adibi, P. (2021). Psychomotor abilities in diagnostic upper gastrointestinal endoscopy derived from procedural task analysis techniques and expert review. *Journal of Education and Health Promotion, 10*(1). https://doi.org/10.4103/JEHP.JEHP_1516_20
- Ayala Servín, N., Bogarín Torres, C., Bottrel, A., Duarte Fariña, C., Torales, J., Samudio, M., Barrios, I., & Arce, A. (2016). Emotional intelligence and intelligence quotient as predictor of academic performance in Paraguayan medical students. Year 2015. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud, 14*(2), 84–91. [https://doi.org/10.18004/MEM.IICS/1812-9528/2016.014\(02\)84-091](https://doi.org/10.18004/MEM.IICS/1812-9528/2016.014(02)84-091)
- Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex Roles, 20*(5–6), 327–344. <https://doi.org/10.1007/BF00287729>
- Barel, E., & Tzischinsky, O. (2018). Age and Sex Differences in Verbal and Visuospatial Abilities. *Advances in Cognitive Psychology, 2*(14), 51. <https://doi.org/10.5709/ACP-0238-X>
- Barrett, T. J., & Hegarty, M. (2016). Effects of interface and spatial ability on manipulation of virtual models in a STEM domain. *Computers in Human Behavior, 65*, 220–231. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2016.06.026>
- Bogomolova, K., Hierck, B. P., van der Hage, J. A., & Hovius, S. E. R. (2019). Anatomy Dissection Course Improves the Initially Lower Levels of Visual-Spatial Abilities of Medical Undergraduates. *Anatomical Sciences Education, 1*–10. <https://doi.org/10.1002/ASE.1913>
- Bolaño García, M., Cárdenas García, E., & Uribe Miranda, C. (2021). Desarrollo de competencias digitales a partir del uso de videos didácticos. *Revista Espacios, 42*(13), 29–44. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n13p03>
- Borsting, E. (1996). *Visual Perception and Reading*. Mosby.
- Buckley, J., Seery, N., & Canty, D. (2018). A Heuristic Framework of Spatial Ability: a Review and Synthesis of Spatial Factor Literature to Support its Translation into STEM Education. *Educational Psychology Review, 30*(3), 947–972. <https://doi.org/10.1007/S10648-018-9432-Z/FIGURES/2>
- Chabani, E., & Hommel, B. (2014). Effectiveness of visual and verbal prompts in training visuospatial processing skills in school age children. *Instructional Science, 42*(6), 995–1012. <https://doi.org/10.1007/S11251-014-9316-7/FIGURES/5>
- Chao, C. J., Lin, C. H., & Hsu, S. H. (2014). An assessment of the effects of navigation maps on drivers' mental workloads. *Perceptual and Motor Skills, 118*(3), 709–731. <https://doi.org/10.2466/22.29.PMS.118K28W4>
- Flores-Hernández, F., Sánchez-Mendiola, M., & Martínez-González, A. (2016). *Modelo de predicción del rendimiento académico de los estudiantes del ciclo básico de la carrera de Medicina a partir de la evaluación del desempeño docente. 21*(70), 975–991. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662016000300975&script=sci_arttext
- Freina, L., Bottino, R., & Ferlino, L. (2018). Visuospatial Abilities Training with Digital Games in a Primary School. *International Journal of Serious Games, 5*(3), 23–35. <https://doi.org/10.17083/IJSG.V5I3.240>

- Galindo Rojas, E. (2016). Neurobiología de la percepción visual. In *Neurobiología de la percepción visual*. Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/TM9789587387483>
- Galperin, D., Alvarez, M., Heredia, L., Saéz, R., & Milner, A. (2020). Comparación de modelos mentales de estudiantes y docentes sobre las causas del día y la noche, las estaciones y las fases lunares: un análisis a partir de los sistemas de referencia astronómicos. *Revista De Enseñanza De La Física*, 32, 117–124. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30973>
- Gao, Y., Silvennoinen, M., Pesola, A. J., Kainulainen, H., Cronin, N. J., & Finni, T. (2017). Acute Metabolic Response, Energy Expenditure, and EMG Activity in Sitting and Standing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(9), 1927–1934. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000001305>
- Georges, C., Cornu, V., & Schiltz, C. (2021). The importance of visuospatial abilities for verbal number skills in preschool: Adding spatial language to the equation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 201, 104971. <https://doi.org/10.1016/J.JECP.2020.104971>
- Grassi, M., Meneghetti, C., Toffalini, E., & Borella, E. (2017). Auditory and cognitive performance in elderly musicians and nonmusicians. *PLoS ONE*, 12(11). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0187881>
- Griesbauer, E.-M., Manley, E., Wiener, J. M., & Spiers, H. J. (2022). London taxi drivers: A review of neurocognitive studies and an exploration of how they build their cognitive map of London. *Hippocampus*, 32(1), 3–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hipo.23395>
- Guillot, A., Champely, S., Batier, C., Thiriet, P., & Collet, C. (2006). Relationship Between Spatial Abilities, Mental Rotation and Functional Anatomy Learning. *Advances in Health Sciences Education* 2006 12:4, 12(4), 491–507. <https://doi.org/10.1007/S10459-006-9021-7>
- Harrington, C. M., Dicker, P., Traynor, O., & Kavanagh, D. O. (2018). Visuospatial abilities and fine motor experiences influence acquisition and maintenance of fundamentals of laparoscopic surgery (FLS) task performance. *Surgical Endoscopy* 2018 32:11, 32(11), 4639–4648. <https://doi.org/10.1007/S00464-018-6220-2>
- Hinze, S. R., Williamson, V. M., Shultz, M. J., Williamson, K. C., Deslongchamps, G., & Rapp, D. N. (2013). When do spatial abilities support student comprehension of STEM visualizations? *Cognitive Processing* 2013 14:2, 14(2), 129–142. <https://doi.org/10.1007/S10339-013-0539-3>
- Hodgkiss, A., Gilligan, K. A., Tolmie, A. K., Thomas, M. S. C., & Farran, E. K. (2018). Spatial cognition and science achievement: The contribution of intrinsic and extrinsic spatial skills from 7 to 11 years. *British Journal of Educational Psychology*, 88(4), 675–697. <https://doi.org/10.1111/BJEP.12211>
- Holznecht, C., Schmidt, T., & Gould, J. (2011). The impact of training under different visual-spatial conditions on reverse-alignment laparoscopic skills development. *Surgical Endoscopy* 2011 26:1, 26(1), 120–123. <https://doi.org/10.1007/S00464-011-1836-5>
- Hoyek, N., Collet, C., Rastello, O., Fargier, P., Thiriet, P., & Guillot, A. (2009). Enhancement of mental rotation abilities and its effect on anatomy learning. *Teaching and Learning in Medicine*, 21(3), 201–206. <https://doi.org/10.1080/10401330903014178>
- Kalun, P., Dunn, K., Wagner, N., Pulakunta, T., & Sonnadara, R. (2020). Recent evidence on visual-spatial ability in surgical education: A scoping review. *Canadian Medical Education Journal*, 11(6), e111–e127. <https://doi.org/10.36834/CMEJ.69051>

- Kashihara, K., & Nakahara, Y. (2011). Evaluation of task performance during mentally imaging three-dimensional shapes from plane figures. *Perceptual and Motor Skills, 113*(1), 188–200. <https://doi.org/10.2466/03.04.22.PMS.113.4.188-200>
- Keehner, M. M., Tendick, F., Meng, M. v., Anwar, H. P., Hegarty, M., Stoller, M. L., & Duh, Q. Y. (2004). Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery. *The American Journal of Surgery, 188*(1), 71–75. <https://doi.org/10.1016/J.AMJSURG.2003.12.059>
- Kiernan, N. A., Manches, A., & Seery, M. K. (2021). The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry. *Chemistry Education Research and Practice, 22*(3), 626–639. <https://doi.org/10.1039/D0RP00354A>
- Labranche, L., Wilson, T. D., Terrell, M., & Kulesza, R. J. (2022). Learning in Stereo: The Relationship Between Spatial Ability and 3D Digital Anatomy Models. *Anatomical Sciences Education, 15*(2), 291–303. <https://doi.org/10.1002/ASE.2057>
- Liesefeld, H. R., & Zimmer, H. D. (2013). Think spatial: The representation in mental rotation is nonvisual. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, 39*(1), 167–182. <https://doi.org/10.1037/A0028904>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development, 56*(6), 1479. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Liu, S., Wei, W., Chen, Y., Hugo, P., & Zhao, J. (2021). Visual–Spatial Ability Predicts Academic Achievement Through Arithmetic and Reading Abilities. *Frontiers in Psychology, 11*, 3652. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591308>
- López Velásquez, N. D., Coronado López, J., Herrera-Pino, J., Soto-Añari, M., & Ferrel-Ortega, R. (2017). Efecto del Aprendizaje de Morfología en el Procesamiento Visoespacial de Estudiantes Universitarios Chilenos. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology, 50*(3), 441–448. <https://doi.org/https://doi.org/10.30849/rip/jp.v50i3.127>
- Lufler, R. S., Zumwalt, A. C., Romney, C. A., & Hoagland, T. M. (2011). Effect of visual–spatial ability on medical students' performance in a gross anatomy course. *Anatomical Sciences Education, 5*(1), 3–9. <https://doi.org/10.1002/ASE.264>
- Ma, M., Bale, K., & Rea, P. (2012). Constructionist Learning in Anatomy Education. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 7528 LNCS*, 43–58. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33687-4_4
- Merchán, M., & Henao, J. (2011). Influencia de la percepción visual en el aprendizaje. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul, 9*(1). <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo/vol9/iss1/8>
- Milner-Bolotin, M., & Nashon, S. M. (2011). The essence of student visual–spatial literacy and higher order thinking skills in undergraduate biology. *Protoplasma 2011 249:1, 249*(1), 25–30. <https://doi.org/10.1007/S00709-011-0346-6>
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A., & Guerrien, A. (2012). Enhancing Spatial Ability Through Sport Practice. *Journal of Individual Differences, 33*(2), 83–88. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/A000075>
- Nabizadeh, S., Hajian, S., Sheikhan, Z., & Rafiei, F. (2019). Prediction of academic achievement based on learning strategies and outcome expectations among medical students. *BMC*

Medical Education, 19(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/S12909-019-1527-9/TABLES/5>

Nugent, E., Hseino, H., Boyle, E., Mehigan, B., Ryan, K., Traynor, O., & Neary, P. (2012). Assessment of the role of aptitude in the acquisition of advanced laparoscopic surgical skill sets. *International Journal of Colorectal Disease* 2012 27:9, 27(9), 1207–1214.
<https://doi.org/10.1007/S00384-012-1458-Y>

Patiño-Oviedo, F. (2019). *La rotación mental como herramienta para evaluar la influencia de la formación como fisioterapeuta en las competencias espaciotemporales* [Corporación Universitaria Iberoamericana].
<http://repositorio.iberu.edu.co/handle/001/910>

Peters, M. (2005). Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. *Brain and Cognition*, 57(2), 176–184.
<https://doi.org/10.1016/J.BANDC.2004.08.052>

Peters, M., & Battista, C. (2008). Applications of mental rotation figures of the Shepard and Metzler type and description of a mental rotation stimulus library. *Brain and Cognition*, 66(3), 260–264.
<https://doi.org/10.1016/J.BANDC.2007.09.003>

Peters, M., Manning, J. T., & Reimers, S. (2007). The Effects of Sex, Sexual Orientation, and Digit Ratio (2D:4D) on Mental Rotation Performance. *Archives of Sexual Behavior* 2007 36:2, 36(2), 251–260.
<https://doi.org/10.1007/S10508-006-9166-8>

Rabattu, P. Y., Debarnot, U., & Hoyek, N. (2022). Exploring the impact of interactive movement-based anatomy learning in real classroom setting among kinesiology students. *Anatomical Sciences Education*.
<https://doi.org/10.1002/ASE.2172>

Ramírez-Sánchez, N. A., Vega-Peña, N. V., Domínguez-Torres, L. C., & Sanabria-Quiroga, Á. E. (2018). El entrenamiento mental y los cirujanos: una estrategia de mejoramiento. *Iatreia*, 31(2), 180–190.
<https://doi.org/10.17533/UDEA.IATREIA.V31N2A06>

Rengier, F., Häfner, M. F., Unterhinninghofen, R., Nawrotzki, R., Kirsch, J., Kauczor, H. U., & Giesel, F. L. (2013). Integration of interactive three-dimensional image post-processing software into undergraduate radiology education effectively improves diagnostic skills and visual-spatial ability. *European Journal of Radiology*, 82(8), 1366–1371.
<https://doi.org/10.1016/J.EJRAD.2013.01.010>

Rey, A. (2010). *Test de copie et de reproduction de mémoire de figures géométriques complexes*. Editions du centre de psychologie appliquée.

Rochford, K. (1985). Spatial learning disabilities and underachievement among university anatomy students. *Medical Education*, 19(1), 13–26.
<https://doi.org/10.1111/J.1365-2923.1985.TB01134.X>

Rodán González, A. (2019). *Entrenamiento visoespacial en estudiantes de educación primaria y secundaria, y su relación con factores cognitivos, emocionales y de experiencia con videojuegos* [Universidad Nacional de educación a distancia]. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-PsiSal-Arodan/RODAN_GONZALEZ_Antonio_Tesis.pdf

Rodríguez-Herrera, R., Losardo, R. J., Binivignat, O., Rodríguez-Herrera, R., Losardo, R. J., & Binivignat, O. (2019). La Anatomía Humana como Disciplina Indispensable en la Seguridad de los Pacientes. *International Journal of Morphology*, 37(1), 241–250.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000100241>

Nicole Caldichoury-Obando, Cristian Araya, Cristian Romo, Alejandro Ducassou, María F. Porto, Yuliana Flórez, Jorge Herrera-Pino, Daniela Ripoll, Jahaira Escorcía, Roxana Castillo-Acobo, Rildo Bellido-Medina, Cesar E. Castellanos, Carol Saldías, Loida Camargo, Norman López

- Rojas Cordero, C. (2019). *Relación de la técnica quirúrgica con el conocimiento procedimental de cirugía bucal en estudiantes de odontología* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1848>
- Ruíz-Vargas, J. M. (1959). *Manual de psicología de la memoria*. Síntesis.
- Shafqat, A., Ferguson, E., Thanawala, V., Bedford, N. M., Hardman, J. G., & McCahon, R. A. (2015). Visuospatial Ability as a Predictor of Novice Performance in Ultrasound-guided Regional Anesthesia. *Anesthesiology*, 123(5), 1188–1197.
<https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000870>
- Spormann, C., Pérez, C., Fasce, E., Ortega, J., Bastías, N., Bustamante, C., & Ibáñez, P. (2015). Predictores afectivos y académicos del aprendizaje autodirigido en estudiantes de medicina. *Revista Médica de Chile*, 143(3), 374–382. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872015000300013>
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology. *Work-Learning Research*, 1(9).
- Trés, E. S., & Dozzi Brucki, S. M. (2014). Visuospatial processing A review from basic to current concepts. *Dement Neuropsychol*, 8(2), 175–181.
- Vázquez, S., & Noriega, M. (2011). Razonamiento espacial y rendimiento académico. *Interdisciplinaria*, 28, 145–158.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30849/rip/ijp.v50i3.127>
- Vélez van Meerbeke, A., & Roa González, C. N. (2005). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes de medicina. *Educación Médica*, 8(2), 24–32.
- https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1575-18132005000200005
- Vorstenbosch, M. A. T. M., Klaassen, T. P. F. M., Donders, A. R. T., Kooloos, J. G. M., Bolhuis, S. M., & Laan, R. F. J. M. (2013). Learning anatomy enhances spatial ability. *Anatomical Sciences Education*, 6(4), 257–262.
<https://doi.org/10.1002/ASE.1346>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835.
<https://doi.org/10.1037/A0016127>
- White, C. B., Dey, E. L., & Fantone, J. C. (2009). Analysis of factors that predict clinical performance in medical school. *Advances in Health Sciences Education*, 14(4), 455–464.
<https://doi.org/10.1007/S10459-007-9088-9/FIGURES/2>
- Zúñiga, D., Mena, B., Oliva, R., Pedrals, N., Padilla, O., & Bitran, M. (2009). Modelos de predicción del rendimiento académico de los estudiantes de medicina en el ciclo básico y preclínico: Un estudio longitudinal. *Revista Médica de Chile*, 137(10), 1291–1300.
<https://doi.org/10.4067/S0034-98872009001000003>