



EFECTO DEL APRENDIZAJE DE MORFOLOGÍA EN EL PROCESAMIENTO VISOESPACIAL DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS CHILENOS

Norman Darío López Velásquez¹
Universidad de Los Lagos, Chile

Juancarlos Coronado López
Universidad Católica de Temuco, Chile

Jorge Herrera-Pino
Florida International University, USA

Marcio Soto-Añari
Universidad Católica San Pablo de Arequipa, Peru

Fernando Robert Ferrel-Ortega
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

RESUMEN

Objetivo. Verificar el efecto del aprendizaje de morfología sobre el procesamiento visoespacial en estudiantes universitarios. **Método.** Participaron 48 estudiantes de Kinesiología que cursaron anatomía (GE); y 43 de Trabajo Social, que no estudió anatomía (GNE). **Resultados.** No se reportaron diferencias significativas en el pretest intragrupal, pero si en el pos-test, a favor del GE, junto a un alto efecto en las dimensiones Copia y Memoria del TFCR. El análisis intergrupar evidenció un mejor rendimiento en el post test, en Copia y Memoria del TFCR. Estas diferencias no se observaron en el TAAVR en ninguno de los grupos y análisis estadísticos. **Conclusiones.** El aprendizaje de anatomía fortalece la función visoespacial, necesaria para el correcto y futuro desempeño profesional de estudiantes universitarios de ciencias de la salud.

Palabras claves

Procesamiento visoespacial, aprendizaje, anatomía, estudiantes universitarios.

ABSTRACT

Objective. Check the effect of morphology on learning visuospatial processing in college students. **Method.** Kinesiology involved 48 students who studied anatomy (EG); and 43 of Social Work, who studied anatomy (UG). **Results.** No significant differences were recorded at pretest intra - group, but in the post-test, in favor of EG, with an effect size high TCFR Copy and memory. The intergroup analysis showed better performance in the post test in TCFR Copy and memory. These differences were not observed in the TAVLR in either group and statistical analysis. **Conclusions.** Learning anatomy strengthens visuospatial function, necessary for the proper and professional performance of future college students health sciences.

Keywords

Visuospatial processing, learning anatomy, college students.

¹ Correspondence about this article should be addressed to Norman Darío López Velásquez. Email: norman.lopez@ulagos.cl

EFFECT OF LEARNING MORPHOLOGY ON THE VISUOSPATIAL PROCESSING OF CHILEAN UNIVERSITY STUDENTS

El procesamiento visoespacial (PV) se refiere a la capacidad para enfocar y discriminar a través de la vista, la ubicación de estímulos en relación a referencias físicas del entorno, facilitando la orientación en el espacio (Borsting, 1996). Permite la representación mental de los estímulos (internos y externos), el reconocimiento de objetos y lugares; y luego realizar acciones con el cuerpo, de manera coherente respecto de características, proporciones y distancias de los estímulos registrados (Price, Susana, Calderon, & Luis, 2011).

Existe consenso que el córtex parietal, occipital y temporal poseen un rol clave en el análisis visoespacial y visuoperceptivo del mundo (Tseng, & otros, 2010; de Benedictis, & otros, 2014), necesario para el reconocimiento de las características de los objetos y la capacidad de actuar sobre ellos. No obstante, la correcta coordinación y ejecución de estos procesos depende en gran medida de la corteza pre-frontal. Recientemente se han logrado identificar diversas áreas implicadas en el PV, como el hipocampo, el cual participa en el procesamiento de asociaciones estímulo-ubicación (Allmen, Wurmitzer, & Klaver, 2014); y el cerebelo, fundamental para el registro entrante de la información visoespacial que proviene de la memoria de trabajo (Baier, Müller, & Dieterich, 2014). Esta nueva información apoya la idea de una red neuronal integrada que involucra regiones cortico-subcorticales para percibir estímulos visuales y ubicarlos espacialmente (Allmen, Wurmitzer, & Klaver, 2014; Teixeira, & otros, 2014; Astrand, Wardak, & Ben Hamed, 2014).

En sujetos sanos el PV está asociado a un mayor desarrollo de estrategias cognitivas en la circulación vehicular (Kosmidis, Economou, LiozidouA, & Yiannis, 2014; Maguire, Woollett, & Spiers, 2006), en el desempeño profesional de artistas plásticos, matemáticos, pilotos, carpinteros, mecánicos, ingenieros, arquitectos y en la ejecución de tareas de orientación topográfica y reconocimiento de formas y figuras (Cherney, Bersted, & Smetter, 2014; Carlei & Kerzel, 2014; Wolbers & Wiener, 2014). En la aviación naval se han utilizado pruebas visoespaciales para analizar habilidades de rotación mental y localización de puntos en el espacio, y para la certificación de pilotos militares (Gordon & Leighty, 1998).

En el caso de pacientes con diferentes condiciones clínicas, los estudios han demostrado como la estimulación cognitiva de la función visoespacial mejora las habilidades de navegación, orientación espacial y la interacción viso-motora para realizar tareas motoras con coordenadas visuales (Astrand, Wardak, & Ben Hamed, 2014; Sapkota, Pardhan, & Van der Linde, 2013; Brunyé, & otros, 2014; Hampstead, Brown, & Hartley, 2014; Prince & Daniel, 2014). Inclusive, utilizando técnicas de estimulación transcranial de corriente directa en pacientes con demencia, se han hallado mejoras en las tareas de reconocimiento visual y en la memoria episódica visual (Boggio, Khoury, Martinis, de Macedo, & Fregni, 2009; Boggio, & otros, 2012).

Por lo observado queda claro que el procesamiento visoespacial repercute directamente en la organización funcional y estructural del cerebro, tanto en pacientes con patología como en sujetos sanos. En estos últimos, el PV parece ayudar en el desempeño hábil en oficios donde se exigen grandes dosis de exploración y representación mental (Chao, Lin, & Hsu, 2014; Weiss, Biron, Lieder, Granot, & Ahissar, 2014). En las disciplinas del área de salud este procesamiento resulta muy relevante. Por ejemplo, en medicina recordar y manipular mentalmente objetos en distintas dimensiones es fundamental (Hinze, & otros, 2013). Es frecuente que en procedimientos quirúrgicos, estructuras como venas, huesos y tendones no se encuentren claramente visibles, por lo que 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 (Luursema, Buzink, Verwey, & Jakimowicz, 2010; Holznecht, Schmidt, & Gould, 2012). Para lograr un rendimiento óptimo en la ejecución de estos procedimientos de visualización espacial, es necesario que los profesionales de la salud presenten un correcto conocimiento de la anatomía humana tanto a nivel teórico como práctico (Hoyek, & otros, 2009; Kashihara & Nakahara, 2011; Vorstenbosch, & otros, 2013).



Ahora bien, la capacidad visoespacial de manipular mentalmente los objetos y reconocerlos desde diferentes planos, fuera de ser esencial para muchas especialidades de las ciencias de la salud, ha sido ampliamente estudiada y relacionada con el aprendizaje de la anatomía, con el fin de mejorar las habilidades de visualización cognitiva (Hoyek, & otros, 2009; Vorstenbosch, & otros, 2013; van Dongen, & otros, 2011; Lufler, Zumwalt, Romney, & Hoagland, 2012). Se han realizado modificaciones e innovaciones a los planes de estudio de medicina en pregrado, con el fin de mejorar significativamente las habilidades de representación visoespacial, reduciendo las deficiencias de los estudiantes en la interpretación de imágenes anatómicas (Milner-Bolotin & Nashon, 2012; Rengier, & otros, 2013). Se han integrado disciplinas y actividades complementarias para la enseñanza eficaz de las relaciones espaciales anatómicas, para fortalecer destrezas de visualización de planos morfológicos (Hinze, & otros, 2013; Lufler, Zumwalt, Romney, & Hoagland, 2012). Inclusive, se han reportado diferencias de género en las habilidades espaciales de médicos residentes (Langlois, & otros, 2013). Sin embargo, no se han estudiado y reportado resultados con otras disciplinas de la salud, como la kinesiología, donde el conocimiento profundo de la morfología humana es indispensable para los procedimientos diagnósticos y de rehabilitación.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue verificar el potencial efecto del aprendizaje de anatomía sobre el aumento del PV en estudiantes de Kinesiología versus estudiantes de otras áreas disciplinares (Trabajo Social). Se esperó encontrar que el aprendizaje de morfología, favoreciera habilidades de relaciones visoespaciales en el grupo de estudiantes que aprendió anatomía durante el semestre académico.

Método

Estudio comparativo con diseño de cohortes prospectivo (Ato, López, & Benavente, 2013), con un grupo expuesto (Kinesiología) y otro no expuesto (Trabajo Social). Participaron 91 estudiantes universitarios de la comuna de Temuco (ME=19,64; DE=1,36 años). Criterios de inclusión: estudiantes universitarios de primer semestre de Kinesiología y Trabajo Social, sin problemas de salud y sin antecedentes de haber cursado o reprobado asignaturas de morfología. Los participantes fueron divididos en dos grupos: un grupo de exposición (GE), 48 estudiantes de Kinesiología (M=19,64 años; DE=1,31) que cursaron anatomía durante un semestre académico; y un grupo no expuesto (GNE), 43 estudiantes de Trabajo Social (M=19,65 años; DE=1,44) que no tomaron cursos de anatomía en el semestre académico.

Instrumentos

A cada grupo se le administró el Test de la Figura Compleja de Rey (TFCR). Esta prueba permite conocer el procesamiento perceptivo visual y el grado de fidelidad de la memoria visual de los sujetos evaluados. Consiste en la copia y posterior reproducción de una figura geométrica compleja. Para esta investigación se trabajó con la copia y el recuerdo a corto plazo (Burin, Drake, & Harris, 2007). Además, se administró el Test de Aprendizaje Auditivo Verbal de Rey (TAAVR), que valora la evocación inmediata, el aprendizaje y la consolidación del aprendizaje verbal de una lista de palabras (Burin, Drake, & Harris, 2007). La versión utilizada consistió en la administración de una lista de 15 palabras en 5 ensayos consecutivos, valorando, luego de cada ensayo, el número de palabras recordadas por cada estudiante. Se tomó el ensayo 1(A1), como evocación, el ensayo 5 (A5) de etapa de aprendizaje y el recuerdo libre a largo plazo (A7), como consolidación del aprendizaje. Se tomaron además datos sociodemográficos de las personas evaluadas.

Procedimiento

Se realizó una evaluación inicial, al comienzo del año académico, a los estudiantes de Kinesiología y Trabajo Social. Ambos grupos fueron evaluados con una prueba visoespacial, el TFCR y un test de interferencia, el TAAVR, cuya característica es la medición de la memoria verbal, no asociada a la visoespacialidad, en la cual se esperó no existieran diferencias significativas en el desempeño del GE y

GNE, debido a que no estaría afectada por el estudio de la anatomía. Luego, cada grupo de estudio tomó sus actividades lectivas semestrales, salvaguardando que el GE cursará la asignatura de anatomía, donde se realizaron actividades teóricas y pasos prácticos con fantasmas, videos, software y muestras histológicas (micro y macroscópicas), para reforzar aprendizajes de representación y rotación mental de las muestras morfológicas. Por su parte, el GNE cursó sus respectivas asignaturas, las cuales no estaban asociadas al desarrollo o fortalecimiento de la memoria visoespacial. Al finalizar el semestre académico, los grupos nuevamente fueron evaluados con las pruebas neuropsicológicas. Se contó con la autorización de las autoridades académicas de cada carrera y la firma del consentimiento informado de parte de los participantes del estudio, previa información de la naturaleza de la investigación.

Análisis estadístico

Se utilizó el estadístico paramétrico t de student para grupos relacionados y para muestras independientes, con el fin de verificar la existencia de diferencias en los desempeños de cada grupo de estudio (GE y GNE), al inicio y al final del semestre académico. Luego se utilizó *d* de Cohen como una medida de tamaño del efecto a partir de la propuesta de Thalheimer y Cook (Thalheimer & 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). Este análisis de tamaño del efecto se realizó en aquellos resultados que se mostraron significativos. Se tomaron datos sociodemográficos de los participantes. El análisis de datos se realizó con el software estadístico SPSS v. 19.

Resultados

La media total de la edad de los estudiantes es de 19,64 años (DE=1,36). No existen diferencias estadísticamente significativas ($t=-0,018$; $p<0,98$) entre las medias de la edad del grupo de estudiantes de Kinesiología (M=19,64 años; DE=1,31) y Trabajo Social (M=19,65 años; DE=1,44). Los grupos no presentan problemas de salud.

Como se observa en la tabla 1, en la evaluación inicial, previo al inicio de las actividades académicas, no se observan diferencias estadísticamente significativas en los desempeños promedio de los grupos de estudio, por ende los índices de tamaño del efecto son bajos.

Tabla 1

Diferencias de medias en los estudiantes de Kinesiología (GE) y Trabajo Social (GNE) en la pre prueba.

Pruebas	Media GE	Media GNE	t	p valor
Puntaje TFCR-C Inicial	18,51	19,39	-1,596	0,114
Puntaje TFCR-M Inicial	18,75	19,09	-,536	0,593
A1 TAAV Inicial	7,27	7,53	-,706	0,482
A5 TAAV Inicial	9,52	10,25	-1,529	0,130
A7 TAAV Inicial	8,70	9,06	-,952	0,343

GE= grupo exposición. GNE= grupo no expuesto. N= número de participantes. t= t student. TFCR-C: Dimensión Copia del Test de la Figura Compleja de Rey. TFCR-M: Dimensión Memoria del Test de la Figura Compleja de Rey. A1, A5 y A7 TAAVR: ensayo A1, A5 y A7 del Test de Aprendizaje Auditivo Verbal de Rey. Fuente: Elaboración propia.

En la medición post test, al final del semestre académico, se descubren diferencias en las medias de desempeño en el TFCR, donde los estudiantes del área de salud presentan medias superiores estadísticamente significativas y con un tamaño del efecto alto en el desempeño en la dimensión Copia y Memoria del instrumento ($t=7,976$; $p<0,000$; $d=1.7$ y $t=9,063$; $p<0,000$; $d=1.9$), respectivamente. En cambio, en el TAAVR no se reportan diferencias intragrupalas. Estos datos evidencian que los sujetos del GE rinden mejor que los del GNE en procesamiento visoespacial.



Tabla 2

Diferencias de medias en los estudiantes de Kinesiología (GE) y Trabajo Social (GNE) en la post prueba

Pruebas	Media GE	Media GNE	T	P	d Cohen
Puntaje TFCR-C Final	23,28	19,15	7,976	0,000*	1.7
Puntaje TFCR-M Final	25,53	18,84	9,063	0,000*	1.9
A1 TAAV Final	7,04	7,32	-,963	0,338	-
A5 TAAV Final	9,37	9,76	-1,435	0,155	-
A7 TAAV Final	9,12	9,30	-,460	0,647	-

* $p < 0,01$. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se comparó el desempeño de cada grupo en la evaluación inicial y final del semestre académico, en las pruebas neuropsicológicas. En el GNE no se reportan diferencias estadísticamente significativas en las medias de desempeño. En cambio, el GE evidencia un mejor rendimiento en el post test, en las dimensiones Copia ($t = -22,330$; $p < 0,000$; $d = 2.25$) y Memoria ($t = -17,534$; $p < 0,000$; $d = 2.22$) del TFCR. Estas diferencias no se observan en el TAAVR.

Tabla 3

Diferencias de medias en los estudiantes de Kinesiología (GE) y Trabajo Social (GNE) en la pre y post prueba

Test	Grupo Expuesto					Grupo No Expuesto			
	Inicial	Final	t	p	d Cohen	Inicial	Final	t	p
TFCR-C	18,51	23,28	-22,330	0,000*	2.25	19,39	19,15	1,058	0,296
TFCR-M	18,75	25,53	-17,534	0,000*	2.22	19,09	18,84	1,280	0,207
A1 TAAV	7,27	7,04	1,632	0,109	-	7,53	7,32	1,595	0,118
A5 TAAV	9,52	9,37	0,685	0,496	-	10,25	9,76	1,527	0,134
A7 TAAV	8,70	9,12	-1,125	0,266	-	9,06	9,30	-0,952	0,346

* $p < 0,01$. Fuente: Elaboración propia.

Discusion y Conclusiones

Se hallaron resultados favorables que dan cuenta de un aumento en la capacidad visoespacial de los estudiantes de Kinesiología, asociado al aprendizaje de anatomía. Si bien los grupos de estudio no demostraron diferencias estadísticamente significativas en las pruebas de memoria episódica verbal, si se presentaron diferencias en las pruebas de memoria visoespacial, ya que los puntajes más altos en la evaluación al final del semestre fueron obtenidos por los estudiantes que estudiaron anatomía (GE), y los más bajos por quienes no cursaron asignaturas de corte morfológico (GNE). Esto además se refuerza con los valores del tamaño del efecto que indicarían que cursar la asignatura de anatomía tiene un impacto mayor en la capacidad de organización perceptual y visoespacial de los estudiantes.

El análisis estadístico inter e intragrupal sugiere mayor capacidad de organización perceptual, incremento en la memoria visual y mejores estrategias para manipular objetos desde diversos planos espaciales entre los estudiantes de Kinesiología después del curso de anatomía. Para este grupo se evidenció un aumento del procesamiento de la información episódica visual y visoconstructiva, en la dimensión Copia del TFCR; y un incremento en la tasa de respuesta y evocación espacial y

visoconstructiva en la dimensión Memoria del instrumento. A diferencia de los estudiantes de Trabajo Social, cuyos desempeños promedios en las pruebas cognitivas no variaron en las medidas al inicio y final del semestre, el grupo de Kinesiología desarrolló y mejoró progresivamente sus habilidades visoespaciales a medida que cursó la asignatura de anatomía.

En esta misma línea, la bibliografía coincide en que la memoria visual y espacial puede ser entrenada por el estudio de la anatomía (Vorstenbosch, & otros, 2013). Los estudios sugieren que las actividades de enseñanza que estimulan habilidades de abstracción y representación espacial, con o sin ayudas tecnológicas modernas, se relacionan positivamente con el rendimiento en ciencias y mejora la comprensión de los fenómenos biológicos y morfológicos entre los estudiantes (Hinze, & otros, 2013; Kashihara & Nakahara, 2011; Milner-Bolotin & Nashon, 2012; Buckley, & otros, 2013; Nugent, & otros, 2012). Además, se ha 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 (Lufler, Zumwalt, Romney, & Hoagland, 2012; Rochford, 1985).

Para futuras investigaciones es necesario ampliar la medición a otras carreras del ámbito de la salud y comparar los resultados con las calificaciones. Realizar estudios más largos 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. Contar con instrumentos estandarizados que permitan revisar la capacidad visoespacial preexistente de los estudiantes que ingresan a carreras de la salud, puede ser un factor predictivo del rendimiento académico en los cursos de anatomía macroscópica y microscópica, y generar estrategias que reduzcan problemas como la reprobación y deserción estudiantil (Lufler, Zumwalt, Romney, & Hoagland, 2012).

Se puede concluir afirmando que la capacidad visoespacial de los estudiantes mejora gracias al aprendizaje de anatomía médica, y que una buena habilidad espacial es beneficiosa para el estudio de anatomía. Un elemento a considerar por parte de quienes realizan docencia en el área de la salud es el hecho que si se estimula las funciones de organización perceptual o aspectos espaciales de los conocimientos anatómicos, se puede obtener un doble efecto sobre el aprendizaje y el aumento en la función cognitiva visoespacial, lo que en última instancia repercutiría funcional y estructuralmente en sus cerebros.

Referencias

- Allmen, D., Wurmitzer, K., & Klaver, P. (2014). Hippocampal and posterior parietal contributions to developmental increases in visual short-term memory capacity. *Cortex*, 95-102. doi:10.1016/j.cortex.2014.07.010
- Astrand, E., Wardak, C., & Ben Hamed, S. (2014). Selective visual attention to drive cognitive brain-machine interfaces: from concepts to neurofeedback and rehabilitation applications. *Frontiers in systems neuroscience*, 8-144. doi:10.3389/fnsys.2014.00144.
- Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 1038-1059. Obtenido de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=16728244043>
- Baier, B., Müller, N. G., & Dieterich, M. (2014). What part of the cerebellum contributes to a visuospatial working memory task? *Annals of Neurology*, 754-757. doi:10.1002/ana.24272
- Boggio, P. S., Ferrucci, R., Mameli, F., Martinis, D., Martinis, O., Vergari, M., . . . Priori, A. (2012). Prolonged visual memory enhancement after direct current stimulation in Alzheimer's disease. *Brain stimulation*, 223-30. doi:10.1016/j.brs.2011.06.006
- Boggio, P. S., Khoury, L. P., Martinis, O. E., de Macedo, E. C., & Fregni, F. (2009). Temporal cortex direct current stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer disease. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 444-447. doi:10.1136/jnnp.2007.141853.
- Borsting, E. (1996). Visual Perception and Reading. *Vision Reading*, 149-176.
- Brunyé, T. T., Holmes, A., Cantelon, J., Eddy, M. D., Gardony, A. L., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A. (2014). Direct current brain stimulation enhances navigation efficiency in individuals with low spatial sense of direction. *Neuroreport*, 1175-9. doi:10.1097/WNR.0000000000000214.



- Buckley, C. E., Kavanagh, D. O., Gallagher, T. K., Conroy, R. M., Traynor, O. J., & Neary, P. C. (2013). Does aptitude influence the rate at which proficiency is achieved for laparoscopic appendectomy? *Journal of the American College of Surgeons*, 1020-7. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2013.07.405
- Burin, D., Drake, M., & Harris, P. (2007). *Evaluación de la Memoria*. Buenos Aires: Paidós.
- Carlei, C., & Kerzel, D. (2014). Gaze direction affects visuo-spatial short-term memory. *Brain and Cognition*, 63-68. doi:10.1016/j.bandc.2014.06.007
- 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*, 709-731. doi:10.2466/22.29.PMS.118k28w4
- Cherney, I., Bersted, K., & Smetter, J. (2014). Training spatial skills in men and women. *Perceptual and motor skills*, 82-99. doi:10.2466/23.25.PMS.119c12z0.
- De Benedictis, A., Duffau, H., Paradiso, B., Grandi, E., Balbi, S., Granieri, E., . . . Sarubbo, S. (2014). Anatomico-functional study of the temporo-parieto-occipital region: dissection, tractographic and brain mapping evidence from a neurosurgical perspective. *Journal of Anatomy*, 132-151. doi:DOI: 10.1111/joa.12204
- Gordon, H. W., & Leighty, R. (1998). Importance of specialized cognitive function in the selection of military pilots. *Journal of Applied Psychology*, 38-45. doi:http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.73.1.38
- Hampstead, B. M., Brown, G. S., & Hartley, J. F. (2014). Transcranial direct current stimulation modulates activation and effective connectivity during spatial navigation. *Brain stimulation*, 314-324. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.brs.2013.12.006
- Hinze, S. R., Williamson, V. M., Shultz, M. J., Williamson, K. C., Deslongchamps, G., & Rapp, D. (2013). When do spatial abilities support student comprehension of STEM visualizations? *Cognitive processing*, 129-142. doi:10.1007/s10339-013-0539-3.
- Holznecht, C., Schmidt, T., & Gould, J. (2012). The impact of training under different visual-spatial conditions on reverse-alignment laparoscopic skills development. *Surgical endoscopy*, 120-123. doi: 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*, 201-206. doi:10.1080/10401330903014178
- Kashihara, K., & Nakahara, Y. (2011). Evaluation of task performance during mentally imaging three-dimensional shapes from plane figures. *Perceptual and motor skills*, 188-200. doi:10.2466/03.04.22.PMS.113.4.188-200
- Kosmidis, M., Economou, A., Liozidou, A., & Yiannis, G. (2014). B-88 Neurocognitive Correlates of Driving Behavior. *Archives of clinical neuropsychology*, 569-570. doi:10.1093/arclin/acu038.176.
- Langlois, J., Wells, G., Lecourtois, M., Bergeron, G., Yetisir, E., & Martin, M. (2013). Sex differences in spatial abilities of medical graduates entering residency programs. 368-375. doi:10.1002/ase.1360
- Lufner, R., Zumwalt, A., Romney, C., & Hoagland, T. (2012). Effect of visual-spatial ability on medical students' performance in a gross anatomy course. *Anatomical sciences education*, 3-9. doi:10.1002/ase.264
- Luursema, J.-M., Buzink, S. N., Verwey, W. B., & Jakimowicz, J. J. (2010). Visuo-spatial ability in colonoscopy simulator training. *Advances in health sciences education: theory and practice*, 685-694. doi:10.1007/s10459-010-9230-y
- Maguire, E. A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2006). London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*, 1091-1101. doi:10.1002/hipo.20233
- Milner-Bolotin, M., & Nashon, S. M. (2012). The essence of student visual-spatial literacy and higher

- order thinking skills in undergraduate biology. *Protoplasma*, 25-30. doi:10.1007/s00709-011-0346-6
- 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: results from a virtual reality-based laparoscopic colectomy training programme. *International journal of colorectal disease*, 1207-14. doi:10.1007/s00384-012-1458-y
- Price, M., Susana, M., Calderon, H., & Luis, J. (2011). Influencia de la percepción visual en el aprendizaje. *Ciencia & tecnología para la salud visual y ocular*, 93-101.
- Prince, C., & Daniel, M. (2014). A-59 Prompting for Delayed Visuospatial Memory: Effect on Memory Test Performance. *Archives of clinical neuropsychology*, 525. doi:10.1093/arclin/acu038.59.
- Rengier, F., Häfner, M., Unterhinninghofen, R., Nawrotzki, R., Kirsch, J., Kauczor, H.-U., & Giesel, F. (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*, 1366-7. doi:10.1016/j.ejrad.2013.01.010
- Rochford, K. (1985). Spatial learning disabilities and underachievement among university anatomy students. *Medical education*, 13-26.
- Sapkota, R. P., Pardhan, S., & Van der Linde, I. (2013). Manual tapping enhances visual short-term memory performance where visual and motor coordinates correspond. *British journal of psychology*, 249-264. doi:10.1111/j.2044-8295.2012.02115.x.
- Teixeira, C., Salomão, R. C., Rodrigues, A. R., Horn, F. K., Silveira, L. C., & Kremers, J. (2014). Evidence for two types of lateral interactions in visual perception of temporal signals. *Journal of Vision*, 1-18. doi:10.1167/14.9.10.
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2 de Sept de 2002). How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology. Dember, USA: WORK-LEARNING RESEARCH.
- Tseng, P., Hsu, T.-Y., Muggleton, N., Tzeng, O. J., Hung, D. L., & Juan, C.-H. (2010). Posterior parietal cortex mediates encoding and maintenance processes in change blindness. *Neuropsychologia*, 63-70. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.12.005
- van Dongen, K., Ahlberg, G., Bonavina, L., Carter, F. J., Grantcharov, T. P., Hyltander, A., . . . Broeders, I. (2011). European consensus on a competency-based virtual reality training program for basic endoscopic surgical psychomotor skills. *Surgical endoscopy*, 166-171. doi:10.1007/s00464-010-1151-6
- Vorstenbosch, M., Klaassen, T. P., Donders, A. R., Kooloos, J., Bolhuis, S., & Laan, R. (2013). Learning anatomy enhances spatial ability. *Anatomical sciences education*, 257-262. doi:10.1002/ase.1346
- Weiss, A. H., Biron, T., Lieder, I., Granot, R. Y., & Ahissar, M. (2014). Spatial vision is superior in musicians when memory plays a role. *Journal of vision*, 18. doi:10.1167/18. / 14.09.18
- Wolbers, T., & Wiener, J. (2014). Challenges for identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale. *Frontiers in human neuroscience*, 571. doi:10.3389/fnhum.2014.00571

Received: 06/30/2016

Accepted: 06/30/2016