



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de
Psicología
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Pre-proyecto de investigación.

Testosterona prenatal en la cognición espacial:

**2D:4D y el desempeño en tareas de rotación
mental en varones.**

Sergio Emanuelle Marshall Almada

Requisito final

Para obtener el grado de

Licenciado en Psicología

Tutor

Prof. Adj. Dr. Álvaro Mailhos Gutiérrez

Montevideo, Uruguay

Contenido

Resumen	5
Abstract.....	5
Antecedentes	6
Cognición Espacial.....	6
Dimensiones de la cognición espacial.....	6
La rotación mental o visualización espacial.....	7
La percepción espacial	7
La navegación espacial	7
La memoria espacial	8
Género y habilidades espaciales	8
Diferencias de sexo a nivel del Sistema Nervioso en tareas de Rotación Mental.....	10
Testosterona y dimorfismo sexual.....	11
Influencias de los factores T en tareas de cognición espacial.	12
Relación 2D:4D.....	13
Hipótesis.....	14
Resultados Esperados.....	14
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos	15
Metodología.....	15
Variables de interés.....	15

Variables independientes:	15
Variables dependientes:	15
Participantes.....	15
Criterios de inclusión.....	16
Procedimiento	16
Materiales	16
Análisis previsto.....	17
Consideraciones éticas.	17
Cronograma de ejecución	18
Documentación.....	18
Anexos	19
Hoja de Información	19
Consentimiento Informado	20
Figura 1.....	21
Figura 2.....	21
Figura 3.....	22
Referencias bibliográficas	23

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo explorar la influencia de la testosterona prenatal en la cognición espacial. Diversas tareas de la vida cotidiana como caminar, leer un mapa, jugar un deporte están mediadas por nuestras capacidades espaciales. Este proyecto pretende conocer la influencia de los niveles de testosterona prenatal estimados por la medida de la proporción entre el dedo índice o segundo dígito y el dedo anular o cuarto dígito (2D:4D) en relación con el rendimiento en tareas de rotación mental. Descripta por Takano y Okubo, (1971) como la rotación de una imagen mental visual de un objeto, imagen que comparte las propiedades espaciales del objeto. Serán desarrolladas las tareas de rotación mental para ser administradas por ordenador, permitiendo registrar de forma estandarizada la precisión y el tiempo empleado en las respuestas. Se ha realizado un acercamiento a la temática a través de investigaciones precedentes, abordando referentes teóricos para así fundamentar la importancia de este proyecto con el fin de contribuir con resultados científicos y empíricos a la comprensión de las capacidades espaciales y sus factores de influencia.

Palabras Claves: 2D:4D; Rotación Mental; Cognición Espacial

Abstract

This research project aims to explore the influence of prenatal testosterone on spatial cognition. Various tasks of daily living such as walking, reading a map, play sport are mediated by our space capabilities. This project aims to determine the influence of levels of prenatal testosterone estimated by measuring the ratio between the second digit and fourth digit (2D:4D) in relation to the performance in mental rotation tasks. Mental rotation described by Takano and Okubo (1971) as the rotation of a visual mental image of an object, image sharing spatial properties of the object. Will be developed mental rotation tasks to be managed by computer, allowing a standardized record of the accuracy and the time spent on the answers. It has made an approach to the subject through previous investigations covering theoretical framework for support the importance of this project in order to contribute scientific and empirical results to understanding the spatial capabilities and its influencers.

Keywords: 2D:4D; Mental rotation; Spatial cognition

Antecedentes

Cognición Espacial

¿Por qué es importante la cognición espacial? Tareas cotidianas como conducir un auto, caminar, jugar ciertos deportes, comprender una animación, leer un mapa, o incluso estimar una distancia, son todas tareas que requieren de un pensamiento orientado a capacidades espaciales. En un nivel más básico, un ser vivo debe ser capaz de volver a un lugar donde la comida es abundante o donde la haya estado almacenado, como también poder desplazarse de un lugar a otro por una ruta eficiente.

Al querer comprender los procesos que hacen a la cognición espacial, se quiere responder a como las personas procesan la información espacial. Esta información es puesta en juego en la ejecución de tareas que requieren utilizar habilidades espaciales con precisión, tareas que resultan cotidianas pero poseen un nivel de complejidad que no se hace consciente, como puede ser el trasladarse por una avenida concurrida de gente sin colisionar con otros sujetos.

Las representaciones espaciales constituyen una habilidad cognitiva fundamental, estudios en animales presentan evidencias de cómo están integradas funciones sensoriales, motoras y la actividad de neuronas especializadas en los mecanismos implicados en la navegación y la cartografía cognitiva (Denis y Loomis, 2007). La cognición espacial juega un rol central en numerosas actividades humanas, por lo que ha sido objeto de numerosas investigaciones destinadas a buscar correspondencias neuronales y especialización hemisférica en respuesta de las posibles estrategias diferenciadas de la experiencia funcional humana (Corballis y Sergent, 1989; Hugdahl, Thomsen, y Erslund, 2006; Jaušovec y Jaušovec, 2012; Weiss et al., 2003). El ser humano necesita estructuras cognitivas que permitan una relación integral y efectiva con el espacio, ya que la orientación en el entorno y el desplazamiento requieren del acceso a múltiples tipos de información espacial (Caballero, 2002).

Dimensiones de la cognición espacial

La cognición espacial es un término que se aplica a los procesos que controlan las conductas o las respuestas que dependen de la ubicación, la disposición espacial de los estímulos, o incluso de la orientación para poder llegar a determinados lugares

(Hartley y Burgess, 2003). Este término no puede reducirse a una construcción unitaria, Montello y Raubal (2012) mencionan que la capacidad espacial no posee una definición consensuada sino que se la caracteriza como un conjunto de propiedades espaciales, localización, distancia, dirección, forma, descripciones lingüísticas, etc., en las que participan la memoria y el aprendizaje. En un intento de caracterizar con mayor precisión y etiquetar este conjunto de capacidades mentales se describen a continuación una serie de dimensiones, que cabe apreciar no son la única forma en la que la cognición espacial ha sido categorizada.

La rotación mental o visualización espacial es la capacidad de girar mentalmente y con precisión una figura de dos o tres dimensiones hasta posicionarlo en su estado habitual. Takano y Okubo (1971) describen a la rotación mental como la transformación por rotación de una imagen mental visual de un objeto. La rotación mental demuestra que la imagen mental comparte algunas propiedades espaciales y visuales con el objeto en sí, a diferencia de lo que puede ser una descripción verbal del objeto. Esta dimensión fue explorada por Shepard y Metzler (1971) a través de la presentación de pares de figuras tridimensionales en el plano (en diferentes orientaciones) estos objetos fueron desarrollados para tener propiedades espaciales y visuales que carezcan de lenguaje. La tarea consistía en responder si las figuras presentadas eran iguales o distintas entre sí. En sus resultados describen una función lineal creciente de la diferencia angular de rotación y el tiempo de reacción, es decir que el tiempo necesario para responder era mayor cuando el ángulo de rotación aumentaba (Shepard y Metzler, 1971).

La percepción espacial está determinada por las relaciones espaciales con respecto a la orientación del propio sujeto en relación a su propio cuerpo (Bogue y Marra, 2003).

El espacio del cuerpo favorece la propiocepción (definido como la capacidad de sentir la posición relativa de las partes corporales). En cuanto a la percepción y la acción inmediata, esta es concebida en tres dimensiones en relación al espacio alrededor del cuerpo (Tversky, 2005).

La navegación espacial implica la utilización de la información espacial con el objetivo de localizar lugares y diferenciarlos. Desde la posición del sujeto los puntos de referencia relativos serían por ejemplo su izquierda, su derecha, etc. Desde un punto de vista estático se puede referir a puntos externos, como la utilización de los puntos

cardinales (Tversky, 2005). Esta también es descripta como imaginería cinestésica en la revisión de Hegarty y Waller (2005).

Maguire, Burgess, O'Keefe y O'Keefe (1999) a través del uso de entornos de realidad virtual en su investigación exploraron el efecto del medio ambiente, su disposición y su contenido a través de imágenes funcionales del cerebro, sus evidencias muestran un paralelismo entre las bases neurales de la navegación de los seres humanos y otros animales.

La memoria espacial refiere a la parte del sistema de memoria que almacena, codifica, recuerda y reconoce la información espacial sobre el medio ambiente y la orientación del sujeto en este. Dicha información es necesaria para trasladarse a un destino (por ej., Madl, Chen, Montaldi, y Trapp, 2015).

En este sentido Álvarez (2007) afirma que las formas en que es percibido el espacio transforma la interacción del sujeto con el entorno, categorizando en base a las propiedades espaciales de las imágenes mentales de los objetos.

Hegarty y Waller (2005) encuentran que las personas con alta capacidad espacial pueden retener información espacial por mayor tiempo en la memoria de trabajo. Tienden también a ser capaces de realizar las tareas de visualización espacial más difíciles y poseen mayor flexibilidad en las estrategias utilizadas para resolverlas.

Género y habilidades espaciales

Gil-Verona et al. (2003) señalan que las diferencias de género en relación a las capacidades espaciales ya se manifiestan de forma sustancial a los diez años en niños y niñas, estas diferencias se mantienen relativamente estables hacia la adultez. Los varones tienen una mayor capacidad para girar mentalmente objetos, en el reconocimiento de formas y en la representación bidimensional de objetos tridimensionales, así como también se destacan en la diferenciación de izquierda y derecha, mientras que las niñas hablan antes, aprenden a leer y a escribir más fácilmente, las diferencias lingüísticas de las niñas son más intensas durante los primeros años de vida. También las niñas manifiestan mejores habilidades en cuanto a la velocidad con la que perciben los objetos, mejores capacidades en relación a la motricidad fina y poseen mejor memoria visual (Gil-Verona et al., 2003). Varios estudios muestran que los varones obtienen mejores resultados en las pruebas de rotación mental y habilidades de percepción espacial, sin embargo tanto varones como

mujeres obtienen desempeños similares en otras pruebas espaciales (Voyer y Doyle, 2010; JansenyHeil, 2010; Cooke-SimpsonyVoyer, 2007; Kaufman, 2007; Moffat y Hampson, 1996). Estas diferencias de género en el rendimiento fueron más significativas para la rotación mental.

Neubauer, Bergner y Schatz (2010) encuentran evidencia de que para tareas de rotación mental que presentan objetos tridimensionales en el plano hay diferencia entre géneros, pero no la hubo con objetos tridimensionales reales o con presentaciones de realidad virtual de objetos en 3 dimensiones. En esta dirección Jansen-Osmann y Heil (2007) al utilizar diferentes tipos de estímulos (estos de acuerdo a la edad de los participantes y su índice de inteligencia) como caracteres alfanuméricos, símbolos del test PMA, dibujos de animales, polígonos y figuras tridimensionales en el plano, observaron que las diferencias sustanciales y confiables entre géneros en el desempeño de tareas de rotación mental fueron las que utilizaban los polígonos desarrollados por Cooper (1975).

Cabe mencionar que varias investigaciones apoyan empíricamente la teoría de que la capacidad espacial puede estar influida por factores ambientales, ya que demuestran por ejemplo que al jugar a videojuegos que estimulen las capacidades espaciales, resulta en un aumento en la puntuación en tareas de rotación mental de las mujeres (Bogue y Marra, 2003; Feng, Spence y Pratt, 2007; Moè, 2009; Pietsch y Jansen, 2012). En otro estudio las diferencias de género fueron notorias tanto para estudiantes de ciencias de la educación como para estudiantes de deportes, pero no para estudiantes de música, esto aporta evidencia para la contribución del entorno en el desempeño en la rotación mental (Pietsch y Jansen, 2012). Otro estudio obtuvo resultados contradictorios donde estos fueron favorables para los varones a través del método convencional desarrollado por Shepard y Metzler en hoja y papel pero estos no pudieron ser replicados en un entorno virtual (Parsons et al., 2004).

En otro sentido resulta interesante considerar las posibles estrategias al realizar las pruebas de rotación mental, estrategias diferenciadas por género. Los resultados presentan la existencia de una correlación positiva entre las puntuaciones de confianza y el rendimiento en tareas de rotación mental, donde los varones al sentir más confianza tienden a adivinar y las mujeres muestran resistencia e inseguridad al hacerlo, resultando en un rendimiento menor (Voyer y Saunders, 2004; Cooke-Simpson y Voyer, 2007). Los datos muestran la posible influencia de los estereotipos, ya que al brindarles instrucciones donde se mencionan que los resultados en general son más favorables a un género en relación al otro en el desempeño en una tarea de rotación, los participantes del género que se le menciona tiene ventaja, tienden a

obtener mejores puntajes en esta tarea y al contrario cuando se lo sesga negativamente (Moè y Pazzaglia, 2006; Moè, 2009). Reilly y Neumann (2013) en una revisión sobre 12 estudios, hallan que la relación del rol de género es relevante, es por estos factores que se pretende realizar la investigación con una muestra homogénea de varones con el fin de reducir la posible influencia de género en los resultados.

Diferencias de sexo a nivel del Sistema Nervioso en tareas de Rotación Mental.

Numerosos estudios han explorado la activación funcional del cerebro durante las tareas de rotación mental. Se han observado en algunos experimentos que hay auténticas diferencias entre géneros en función de las zonas de activación cerebral durante la realización de tareas de rotación mental, incluso cuando el rendimiento es similar.

Las mujeres en estas pruebas muestran mayor activación frontal, mientras que para los varones la activación se ubica predominantemente en el parietal. Estas diferencias son compatibles con la teoría de que los sexos utilizan diferentes estrategias en la resolución de estas tareas. Los autores señalan que para los varones puede tratarse de un enfoque de procesamiento orientado a las coordenadas, mientras que para las mujeres, este estaría orientado a procesar por categorías y en etapas en serie (Jordan, Wüstenberg, Heinze, Peters y Jäncke, 2002; Hugdahl et al., 2006). En la investigación llevada adelante por Weiss et al. (2003) los voluntarios se sometieron a estudios de resonancia magnética funcional mientras llevaban a cabo una tarea de rotación mental dentro del escáner. Los resultados para los varones demuestran que la región con una activación mayor fue la parietal, mientras que las mujeres mostraron mayor activación frontal.

En otro estudio se investigó la activación cortical en mujeres y varones divididos en grupos con resultados similares en tareas de rotación mental (alta, media y baja). Después de la primera prueba, los participantes recibieron 18 horas de entrenamiento basados en la técnica de plegado de papel origami, en contraste con la prueba anterior en las mujeres se observó un aumento de la actividad en áreas parietales y una menor activación frontal, por el contrario, los varones no mostraron mejoras en el rendimiento (Jaušovec y Jaušovec, 2012).

Testosterona y dimorfismo sexual

En los seres humanos y en mamíferos en general el dimorfismo sexual es bien claro, en los machos los órganos sexuales son externos, mientras que las hembras poseen órganos sexuales internos, como también presentan caracteres sexuales secundarios bien diferenciados de los machos, como las glándulas mamarias. En otros mamíferos pueden presentarse otros rasgos distintivos como pelaje, cuernos, etc.

En los varones de la especie humana la testosterona (T) influye directamente en el desarrollo de los tejidos reproductivos masculinos (por ej. testículos y próstata) también se puede apreciar la diferenciación sexual en algunos órganos, el corazón, los pulmones, entre otros que suelen ser más grandes que los de las mujeres. La T favorece significativamente el desarrollo de caracteres sexuales secundarios como el incremento de la masa muscular, el crecimiento del bello corporal y otros. Estos andrógenos actúan directamente sobre el cerebro durante el desarrollo temprano (Mooradian, Morley, & Korenman, 1987). En este proceso de diferenciación sexual los individuos desarrollan un sistema nervioso y conductas diferenciadas entre géneros. La existencia de zonas y estructuras cerebrales sexualmente diferenciadas implican diferencias funcionales en la organización cerebral (Gil-Verona et al., 2003).

En el **gráfico 1** se pueden observar los niveles de T a través del ciclo de vida del varón. Se produce un aumento de la testosterona prenatal entre la semana 8 y la 24 del desarrollo fetal que implica actividad de nivel organizativa de la T, promoviendo el desarrollo de los genitales masculinos y la diferenciación sexual del sistema nervioso (Ewing, Davis y Zirkin, 1980).

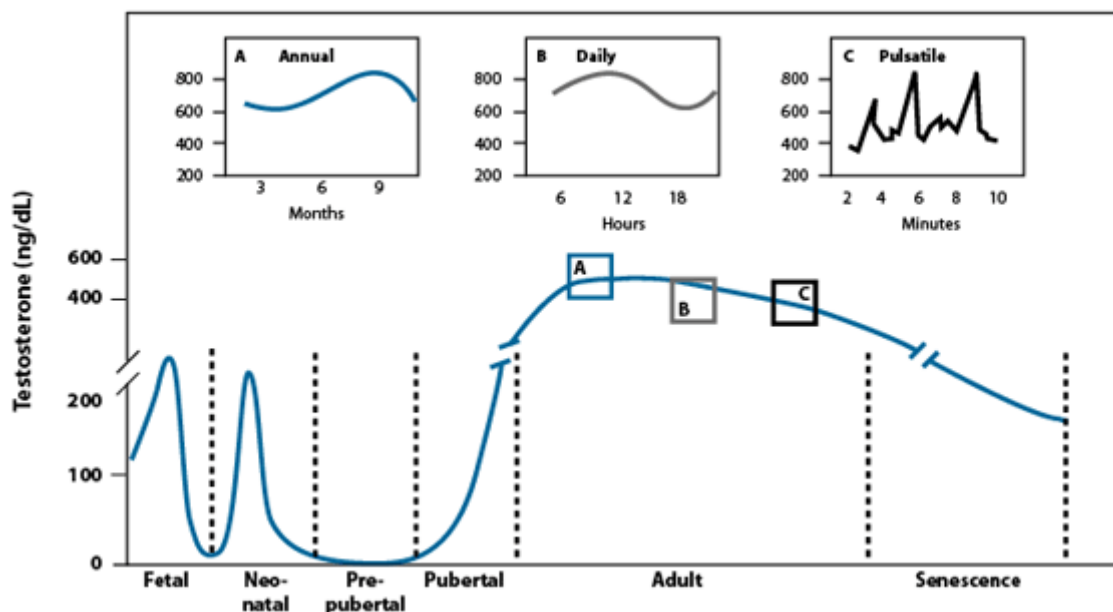


Gráfico 1.

Influencias de los factores T en tareas de cognición espacial.

La influencia de la T en adultos fue investigada mediante ensayos salivales, en los estudios realizados por Hooven, Chabris, Ellison y Kosslyn (2004) observaron que los niveles más altos de T en varones contribuyen a su ventaja con respecto a las mujeres en las pruebas de habilidad espacial. Se investigó la relación salivar de T en varones adultos y el rendimiento en una versión computarizada de la tarea de rotación mental desarrollado por Shepard y Metzler (1971) estos resultados sugieren que la T puede facilitar el funcionamiento masculino en tareas de rotación mental al afectar los procesos cognitivos. En consonancia con estos resultados Moffat y Hampson (1996) encontraron que niveles medios altos de concentraciones de T en la saliva de jóvenes adultos estaban asociados con un mejor funcionamiento espacial, pero mencionan que la preferencia de mano es un posible factor que modere esta relación, debido a que estos resultados no fueron evidentes en varones zurdos.

Sin embargo, en otras investigaciones los cambios en niveles de T no estaban relacionados con el rendimiento en las tareas de rotación mental tridimensional (Puts et al., 2010; Silverman, Kastuk, Choi y Phillips, 1999). Kempel et al. (2005) obtuvieron resultados similares en cuanto a que los cambios en los niveles de T no estaban relacionados con el rendimiento en las funciones cognitivas testeadas, tales como rotación mental bidimensional y tridimensional sobre el plano, habilidades verbales, habilidades numéricas y test de inteligencia.

Frente al cuerpo de evidencias mencionado anteriormente la testosterona presente en la saliva de mujeres y varones adultos ha arrojado resultados dispares. Por lo que se puede señalar que la contribución de las hormonas a las diferencias sexuales en el rendimiento en tareas espaciales no parecería resultar de diferentes niveles de testosterona circulante en el adulto. Una posibilidad interesante es que las diferencias de género podrían limitarse a períodos anteriores, de carácter organizativos.

En la revisión bibliográfica realizada por Herrera, Onofre, Rosado-García, y Rosales (2005) fueron analizados los efectos de la testosterona prenatal en el desarrollo del sistema nervioso central (SNC) en ratas. Para la T en machos fue observada mayor presencia a los 18 días de gestación, con un segundo pico a las dos horas del nacimiento, si el primero es interrumpido por estrés causado a la madre o por la administración de anti andrógenos, se observa desmasculinización en los machos recién nacidos. También mencionan que la administración exógena de T durante la etapa fetal o dentro de las primeras horas después del nacimiento hace observable la

masculinización permanentemente en hembras, pudiendo estas adquirir características masculinas en la edad adulta. En relación al sistema nervioso central presentan que el efecto de la testosterona prenatal se correlaciona con el incremento de tejido neuronal en áreas del hipotálamo.

Relación 2D:4D

La relación 2D:4D se determina antes de nacer, los estudios en ratones de Zheng y Cohn (2011) indican que el dimorfismo sexual de la relación 2D:4D se desarrolla durante el desarrollo embrionario, y no cambia después del nacimiento. En los seres humanos la relación 2D:4D está relacionada con la testosterona prenatal y los estrógenos prenatales, por lo tanto es un indicador indirecto de los niveles de esteroides sexuales durante la organización del cerebro. Un punto a considerar no es solo la cantidad de testosterona producida en la etapa fetal sino también la sensibilidad embrionaria a la hormona es lo que influye la proporción 2D:4D (Bailey y Hurd, 2005; Manning, Bundred, Newton y Flanagan, 2003). La relación de la longitud de los dedos (2D:4D) es un rasgo de dimorfismo sexual, los varones tienen el dedo índice (2D o segundo dígito) relativamente más corto que el dedo anular (4D o cuarto dígito) (Putz et al., 2004). Manning, Barley, Walton, Lewis-jones, y Trivers (2000) mencionan que a raíz de las evidencias disponibles una alta exposición a la T prenatal está relacionada con una relación menor entre el segundo dígito y el cuarto, mientras que un nivel bajo de exposición con una relación mayor, de forma inversa la alta exposición a estrógenos prenatales tiene un correlato positivo con la proporción 2D:4D y lo opuesto para una baja exposición de estrógeno.

Hönekopp, Bartholdt, Beier y Liebert (2007) en su revisión concluyen que para las poblaciones lo esperable es que la proporción 2D:4D no estén asociados con niveles de hormonas sexuales presentes en adultos. Demostrando que la relación 2D:4D resulta una herramienta adecuada para estudiar los efectos de la testosterona prenatal sobre la cognición y el comportamiento humano.

Numerosas investigaciones utilizan la relación 2D:4D como marcador indirecto de la exposición prenatal a la Testosterona (Bailey y Hurd, 2005; Coolican y Peters, 2003; Hönekopp, Bartholdt, Beier, y Liebert, 2007; Kempel et al. , 2005; Mailhos, Buunk, y del Arca, 2013; Mailhos, Buunk, del Arca, y Tutte, 2015; Manning, Bundred, Newton, y Flanagan, 2003; Moè, 2009; Peters, Manning, y Reimers, 2007; Putz et al., 2010; Putz,

Gaulin, Sporter, y McBurney, 2004; Sánchez, Sánchez-Campillo, Moreno-Herrero, y Rosales, 2014; van der Meij, Almela, Buunk, Dubbs, y Salvador, 2012).

Se ha demostrado la relación entre el cociente de los dedos con el comportamiento, en dichas investigaciones los resultados expresan que una relación 2D:4D más baja se correlaciona con un comportamiento más agresivo (van der Meij, Almela, Buunk, Dubbs y Salvador, 2012; Mailhos, Buunk, y del Arca, 2013; Mailhos, Buunk, del Arca, y Tutte, 2015).

En cuanto a la proporción 2D:4D y la relación con la cognición espacial, los resultados reportados por Peters, Manning y Reimers (2007) observan que individuos con una baja proporción 2D:4D (dedo anular relativamente más largo que el dedo índice) obtuvieron mejores resultados en el desempeño de tareas de rotación mental que los individuos con proporciones más grandes, este estudio presenta la desventaja metodológica que las mediciones de las proporciones 2D:4D fueron realizadas por los propios participantes, la masividad del mismo agrava esta falta de control en las mediciones. A diferencia de este estudio, este pre-proyecto considera importante ser riguroso en cuanto a obtener la medición de la proporción 2D:4D de forma controlada y presentando además la ventaja de una muestra con un perfil socio demográfico homogéneo de varones.

Hipótesis

Se espera que los participantes con baja proporción 2D:4D tendrán mejor rendimiento en las tareas de rotación mental tridimensionales.

Los participantes no tendrán diferencias significativas de rendimiento en las tareas de rotación mental bidimensionales sin importar la relación 2D:4D.

Resultados Esperados

Generar evidencia de investigación nacional acerca de la influencia de la testosterona prenatal en la cognición espacial.

Contribuir con resultados científicos y empíricos que proporcionen mejoras en el ámbito académico e identificar futuras líneas de investigación en relación a la cognición espacial.

Objetivos

Objetivo general

Estudiar la influencia de las hormonas prenatales en la cognición espacial.

Objetivos específicos

Estudiar la influencia de la testosterona prenatal medida a través de la relación 2D:4D en tareas de rotación mental bidimensional y tridimensional.

Implementación de dos tareas computarizadas para la evaluación de la rotación mental bidimensional y de la tridimensional.

Metodología

Estudio cuantitativo transversal correlacional.

Pudiendo trabajar sobre un diseño de comparación de grupos en relación al desempeño en el caso de que en el cruce de datos no se hallen correlaciones directas.

Variables de interés

Se explorarán diferentes aspectos de la rotación mental a través de tareas de rotación bidimensional y tridimensional, la relación 2D:4D se usará como predictor de la influencia de la testosterona prenatal en estas tareas.

Variables independientes:

Relación 2D:4D.

Variables dependientes:

Precisión en la ejecución.

Tiempos de reacción.

Participantes

Participarán de este estudio, en forma voluntaria, 100 varones con edades comprendidas entre los 20 y 30 años. Se les tomarán imágenes digitales de sus manos. Las invitaciones a participar de la presente investigación se distribuirán por medio de contacto directo o vía correo electrónico.

Criterios de inclusión.

Debido a que se ha demostrado que el rendimiento tanto en varones y mujeres alcanza su punto máximo en el rango de 20-30 años en el desempeño en tareas de rotación mental (Peters, Manning y Reimers, 2007) se considerará este rango para la evaluación, este rango de edad también fue evaluado por Jansen y Heil (2010).

Procedimiento

Las pruebas serán administradas por ordenador, las mismas serán realizadas con la aplicación de código abierto Psychopy (Peirce, 2007) que permite la presentación de los estímulos y la recogida de datos, con la finalidad de registrar de forma estandarizada el tiempo empleado en las respuestas así como la precisión de las mismas en cada ítem por parte de los sujetos.

Con el registro de los tiempos de respuesta de cada sujeto, la media y la tasa de error se calcularán las pendientes e intersecciones de las funciones relativas a la disparidad del rendimiento angular.

Las palmas de las manos derechas e izquierdas de los participantes serán escaneadas usando un escáner con una resolución no menor a 600 dpi.

Las medidas de los dedos serán tomadas utilizando una herramienta del tipo regla o de medición de un software de diseño y edición de imágenes (como por ejemplo Corel, Photoshop, Illustrator, GIMP, etc.) sobre la imagen escaneada, esta medida será tomada desde el pliegue más próximo a la base de los dedos desde la mitad de este, hasta el extremo del dedo.

Se buscarán posibles correlaciones entre la relación 2D:4D y el desempeño espacial en tareas de rotación mental. Para el análisis estadístico se usará un paquete de análisis de datos SPSS 22.0.

A todos los participantes se les entregará una hoja con información acerca de ciertas características del estudio (Anexo Hoja de información) para continuar con la prueba deberán leer y firmar el consentimiento informado aceptando participar en esta investigación (Anexo Consentimiento Informado).

Materiales

La tarea de rotación mental tridimensional se realizará en base al conjunto de estímulos de Ganis y Kievit (2015) los cuales fueron validados mostrando que existe un incremento lineal a razón del aumento de dificultad por disparidad angular, obteniendo como resultado un aumento en los tiempos de respuesta y las tasas de error. Se le comunicará al sujeto que evaluará si dos objetos de bloques presentados

son iguales o diferentes pudiendo estar en diferentes orientaciones. Tal como el experimento original de Shepard y Metzler (1971) se presentan simultáneamente (ver figura 1 en Anexos) su tarea consiste en pulsar la tecla que corresponde a una de las dos opciones, igual o diferente.

Para la prueba de rotación bidimensional los objetos presentados han de tener las características físicas de los ítems de la prueba de relación espacial (ver figura 2 en Anexos) de la batería de habilidades primarias mentales del test PMA-E (Thurstone, T., 1958; citado en Jansen-Osmann y Heil, 2007). En esta prueba nuevamente el sujeto evaluará si dos figuras bidimensionales que rotan en un espacio bidimensional presentadas en diferentes orientaciones son iguales o diferentes entre sí.

Se presenta como alternativa a la prueba anterior la programación de una prueba de rotación mental con igual evaluación y funcionalidad con los polígonos de Cooper (1975) utilizados en la investigación de Jansen-Osmann y Heil (2007) (ver figura 3 en Anexos).

Análisis previsto.

En este análisis se descartará la identidad de los participantes. Solo se atenderá a los resultados con el fin de concluir si existe una correlación entre la proporción 2D:4D y el desempeño en las pruebas.

Se prevé realizar un análisis por grupos en relación al desempeño si los resultados no resultan concluyentes.

Consideraciones éticas.

La investigación se llevará adelante de acuerdo a las normativas vigentes en nuestro país para la investigación con seres humanos (Decreto CM/515 del Poder Ejecutivo, Ley Habeas Data 2009). A cada participante se dará la opción de manifestar voluntariamente su deseo de participar en el estudio, mediante un consentimiento libre e informado, en el cual se explicitará la naturaleza de la investigación. Los riesgos a que se exponen los participantes serán mínimos y toda la información obtenida como la identidad de los participantes será preservada confidencialmente.

Cronograma de ejecución

Actividades	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión bibliográfica	■											
Revisión y ajustes metodológicos	■	■										
Acercamiento y coordinación institucional		■	■									
Elaboración de las pruebas		■	■	■								
Aplicación de las pruebas				■	■	■	■	■				
Sistematización y análisis de datos								■	■	■		
Redacción de informe Final										■	■	
Difusión de datos											■	■

Documentación

Los participantes recibirán previamente a su participación en esta investigación una hoja de información (ver anexo) donde se incluirá información general del estudio. Los participantes podrán realizar cualquier pregunta que consideren necesaria y los investigadores evacuarán en la medida de lo posible toda duda.

En la hoja de información, así como en toda información adicional que se proporcione a los participantes, la temática del estudio, así como los objetivos del mismo, se plantearán de forma genérica ya que de otra forma los datos recabados se verían afectados. Se considera que este nivel de generalización de los objetivos en la comunicación con los participantes, no expone a los mismos a incomodidades o riesgos adicionales.

Se entregará a los participantes un formulario en el que consignarán su consentimiento informado. Este documento contendrá en forma resumida la información más relevante de este estudio (ver anexos).

Anexos

Hoja de Información

Te invitamos a participar en un estudio sobre la Influencia de la testosterona prenatal en la cognición espacial. Esta investigación está dirigida por el Br. Emanuelle Marshall tutorado por el Dr. Alvaro Mailhos, Profesor Adjunto de la Facultad de Psicología, Instituto de Fundamentos y Métodos en Psicología.

Si Ud. decide participar en esta investigación le pediremos escanear ambas manos con el único fin de medir la proporción entre el segundo dígito y el cuarto. Le solicitaremos que realice dos test en un ordenador.

Su participación tendrá una duración de 20-30 minutos. La información que brinde no generará un beneficio directo para Ud., pero nos ayudará a comprender mejor las bases biológicas en las habilidades espaciales.

La participación en este estudio es totalmente voluntaria. Los datos colectados serán tratados en todo momento en forma confidencial. Si decide participar, podrá retirarse en cualquier momento sin tener que dar ningún tipo de explicación. Los datos que recabemos, podrán formar parte de una publicación o comunicación científica. En caso de que los resultados sean reportados, los mismos serán presentados en forma grupal. En ningún caso se reportará ningún dato que permita identificarlo individualmente.

Habitualmente este tipo de estudios no presenta riesgos para los participantes ni genera incomodidades. Si por cualquier motivo, las pruebas que le hacemos le hicieran sentir mal, podrá suspender la actividad. Si fuera necesario, podrá contactarnos (ver datos de contacto más abajo) para conversar sobre el tema, y eventualmente facilitaremos el contacto con los servicios de asistencia psicológica de la Facultad de Psicología o del Ministerio de Salud Pública.

Si tiene cualquier pregunta o duda sobre este estudio, puede escribir a Alvaro Mailhos, tutor de este proyecto de investigación, a amailhos@psico.edu.uy, o solicitar una entrevista personal en el Instituto de Fundamentos y Métodos en Psicología, los días viernes, de 11:00 a 13:00 hs.

Este estudio ha sido avalado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República.

Consentimiento Informado

Montevideo, _____ de _____ 2016

Declaro haber leído la hoja de información sobre el proyecto de investigación.

Estudio sobre la “Testosterona prenatal en la cognición espacial: 2D:4D y el desempeño en tareas de rotación mental en varones.” tutoreado por el Dr. Alvaro Mailhos, Prof. Adj. del Instituto de Fundamentos y Métodos en Psicología (UdelaR). Se le pedirá que realice dos test en un ordenador y escanear sus manos.

La información que brinde no generará un beneficio directo para Ud.

Este tipo de con los estudios no presentan riesgos para los participantes, ni genera incomodidades. Eventualmente si fuera necesario facilitaremos el contacto con los servicios de asistencia psicológica.

Si tiene cualquier pregunta puede escribir a amailhos@psico.edu.uy, o solicitar una entrevista los días viernes en el instituto de 11:00 a 13:00 hs.

Declaro que se me ha brindado la posibilidad de hacer cualquier pregunta sobre este estudio y en caso de haber formulado preguntas, las mismas fueron respondidas de forma satisfactoria.

He sido informado de que mi participación en este estudio es voluntaria, que los datos recabados serán confidenciales y que solo tendrán acceso a estos datos el investigador responsable y su equipo de investigación. Asimismo, he sido informado que podré retirarme de este estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y que en caso de que esto sucediera, mi retiro no me generara ninguna consecuencia negativa.

Por medio de la presente, acepto participar voluntariamente en dicha investigación.

Firma: _____

Firma Investigador: _____

Aclaración: _____

Aclaración: _____

Figura 1.

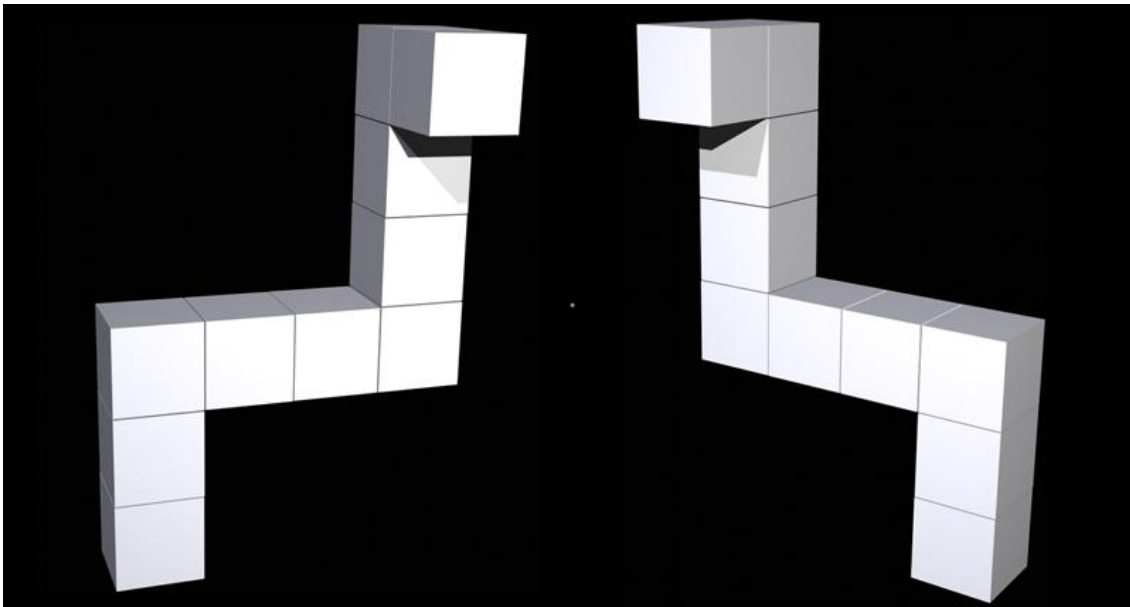


Figura 2.

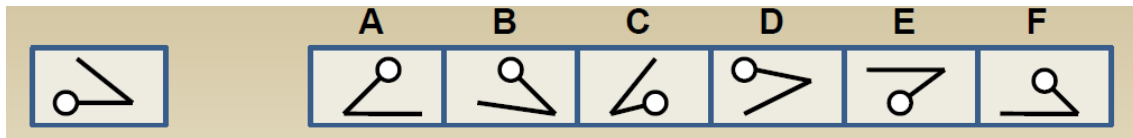
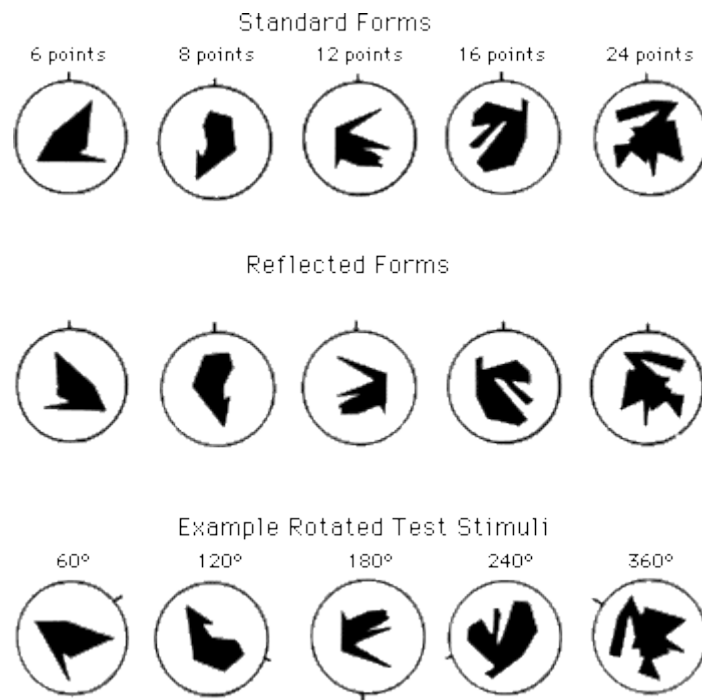


Figura 3.



Referencias bibliográficas

- Álvarez Rodríguez, S. (2007). Procesos cognitivos de visualización espacial y aprendizaje. *Revista de Investigación En Educación*, 4, 61–71.
- Bailey, A. A., & Hurd, P. L. (2005). Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women. *Biological Psychology*, 68(3), 215–222. <http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.05.001>
- Bogue, B., & Marra, R. (Eds. 2003). Overview : Visual SpatialSkills. AWE Research Overview Auite, (2003), 1–8. Recuperado de <http://www.engr.psu.edu/AWE/ARPresources.aspx>
- Caballero, Á. (2002). Desarrollo de la presentación espacial. *EduPsykhé*, 1(1), 41–67.
- Cooke-Simpson, A., & Voyer, D. (2007). Confidence and gender differences on the Mental Rotations Test. *Learning and Individual Differences*, 17(2), 181–186. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.03.009>
- Coolican, J., & Peters, M. (2003). Sexual dimorphism in the 2D/4D ratio and its relation to mental rotation performance. *Evolution and Human Behavior*, 24(3), 179–183. [http://doi.org/10.1016/S1090-5138\(03\)00010-2](http://doi.org/10.1016/S1090-5138(03)00010-2)
- Cooper, L. A. (1975). Mental Rotation of Random Two-Dimensional Shapes. *Cognitive*, 7, 20–43.
- Corballis, M. C., & Sergent, J. (1989). Hemispheric specialization for mental rotation. *Cortex*, 25(1), 15–25. [http://doi.org/10.1016/S0010-9452\(89\)80002-4](http://doi.org/10.1016/S0010-9452(89)80002-4)
- Denis, M., & Loomis, J. M. (2007). Perspectives on human spatial cognition: Memory, navigation, and environmental learning. *Psychological Research*, 71(3), 235–239. <http://doi.org/10.1007/s00426-006-0079-x>
- Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender

- differences in spatial cognition. *Psychological Science*, 18(10), 850–855.
<http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01990.x>
- Ganis, G., & Kievit, R. (2015). A New Set of Three-Dimensional Shapes for Investigating Mental Rotation Processes: Validation Data and Stimulus Set. *Journal of Open Psychology Data*, 3(1), 1–31. <http://doi.org/10.5334/jopd.ai>
- Gil-Verona, J. A., Macias, J. A., Pastor, J. F., De Paz, F., Barbosa, M., Maniega, M. A., Boget, T. (2003). Diferencias sexuales en el sistema nervioso humano: una revisión desde el punto de vista psiconeurobiológico. *Revista Internacional de Psicología Clínica Y de La Salud/International Journal of Clinical and Health Psychology*, 3(2), 351–361. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=498804>
- Hartley, T., & Burgess, N. (2003). Models of spatial cognition, 1–11. Recuperado de <http://discovery.ucl.ac.uk/182387/>
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual Differences in Spatial Abilities Mary. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *The Cambridge handbook of visuo-spatial thinking* (pp. 122–169). Cambridge: Cambridge University Press.
- Herrera, H., Onofre, M. V., Rosado-García, A., & Rosales, A. M. (2005). Diferenciación sexual en el sistema nervioso central. *Medicina Veterinaria*, 36(3), 339–360. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42336309>
- Hönekopp, J., Bartholdt, L., Beier, L., & Liebert, A. (2007). Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review. *Psychoneuroendocrinology*, 32(4), 313–321.
<http://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2007.01.007>
- Hooven, C. K., Chabris, C. F., Ellison, P. T., & Kosslyn, S. M. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, 42(6),

- 782–790. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.012>
- Hugdahl, K., Thomsen, T., & Ersland, L. (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: An fMRI study of mental rotation. *Neuropsychologia*, 44(9), 1575–1583. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.026>
- Jansen, P., & Heil, M. (2010). Gender differences in mental rotation across adulthood. *Experimental Aging Research*, 36(1), 94–104. <http://doi.org/10.1080/03610730903422762>
- Jansen-Osmann, P., & Heil, M. (2007). Suitable stimuli to obtain (no) gender differences in the speed of cognitive processes involved in mental rotation. *Brain and Cognition*, 64(3), 217–227. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.03.002>
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2012). Sex differences in mental rotation and cortical activation patterns: Can training change them? *Intelligence*, 40(2), 151–162. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2012.01.005>
- Jordan, K., Wüstenberg, T., Heinze, H. J., Peters, M., & Jäncke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40(13), 2397–2408. [http://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00076-3](http://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00076-3)
- Kaufman, S. B. (2007). Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability: Can they be accounted for by differences in working memory capacity? *Intelligence*, 35(3), 211–223. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2006.07.009>
- Kempel, P., Gohlke, B., Klempau, J., Zinsberger, P., Reuter, M., & Hennig, J. (2005). Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. *Intelligence*, 33(3), 215–230. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2004.11.004>
- Madl, T., Chen, K, Montaldi, D., & Trapp, R. (2015). Computational cognitive models of spatial memory in navigation space: A review. *Neural Networks*, 65, 18–43.

<http://doi.org/10.1016/j.neunet.2015.01.002>

Mailhos, A., Buunk, A. P., & del Arca, D. (2013). La relación 2D:4D muestra una leve correlación positiva con la dominancia agresiva, pero no con la dominancia social, en jugadores de fútbol de categorías formativas de un equipo de Primera División en Uruguay. *Ciencias Psicológicas*, 7(2), 143–150.

Maguire, E. A., Burgess, N., O'Keefe, J., & O'Keefe, J. (1999). Human spatial navigation: cognitive maps, sexual dimorphism, and neural substrates. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(2), 171–7. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70216-3](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70216-3)

Mailhos, A., Buunk, A. P., del Arca, D., & Tutte, V. (2015). Soccer players awarded one or more red cards exhibit lower 2D:4D ratios. *Aggressive Behavior*, 9999(October), 1–10. <http://doi.org/10.1002/ab.21638>

Manning, J. T., Barley, L., Walton, J., Lewis-jones, D. I., & Trivers, R. L. (2000). The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success : evidence for sexually antagonistic genes. *Evolution and Human Behavior*, 21, 163–183. Recuperado de http://roberttrivers.com/Publications_files/ManningTriversetal2000.pdf

Manning, J. T., Bundred, P. E., Newton, D. J., & Flanagan, B. F. (2003). The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, 24(6), 399–405. [http://doi.org/10.1016/S1090-5138\(03\)00052-7](http://doi.org/10.1016/S1090-5138(03)00052-7)

Milivojevic, B., Hamm, J. P., & Corballis, M. C. (2011). About turn: How object orientation affects categorisation and mental rotation. *Neuropsychologia*, 49(13), 3758–3767. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.034>

Moè, A. (2009). Are males always better than females in mental rotation? Exploring a gender belief explanation. *Learning and Individual Differences*, 19(1), 21–27.

<http://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.02.002>

Moè, A., & Pazzaglia, F. (2006). Following the instructions!. Effects of gender beliefs in mental rotation. *Learning and Individual Differences*, 16(4), 369–377.

<http://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.01.002>

Moffat, S. D., & Hampson, E. (1996). A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: Possible influence of hand preference.

Psychoneuroendocrinology, 21(3), 323–337. [http://doi.org/10.1016/0306-4530\(95\)00051-8](http://doi.org/10.1016/0306-4530(95)00051-8)

Montello, D. R., & Raubal, M. (2012). Functions and applications of spatial cognition.

In D. Waller & L. Nadel (Eds.), *Handbook of Spatial Cognition* (pp. pp. 249–264). American Psychological Association. <http://doi.org/10.1037/13936-014>

Mooradian, A. D., Morley, J. E., & Korenman, S. G. (1987). Biological actions of androgens. *Endocrine Reviews*, 8(1), 1–28. <http://doi.org/10.1210/edrv-8-1-1>

Neubauer, A. C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two- vs. three-dimensional presentation of mental rotation tasks: Sex differences and effects of training on performance and brain activation. *Intelligence*, 38(5), 529–539.

<http://doi.org/10.1016/j.intell.2010.06.001>

Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G., & Rizzo, A. A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42(4), 555–562.

<http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.08.014>

Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8–13.

<http://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>

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*, 36(2), 251–260. <http://doi.org/10.1007/s10508-006-9166-8>
- Pietsch, S., & Jansen, P. (2012). Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Learning and Individual Differences*, 22(1), 159–163. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.11.012>
- Putz, D. A., Cárdenas, R. A., Bailey, D. H., Burriss, R. P., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2010). Salivary testosterone does not predict mental rotation performance in men or women. *Hormones and Behavior*, 58(2), 282–289. <http://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.03.005>
- Putz, D. A., Gaulin, S. J. C., Sporter, R. J., & McBurney, D. H. (2004). Sex hormones and finger length - What does 2D:4D indicate? *Evolution and Human Behavior*, 25(3), 182–199. <http://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2004.03.005>
- Reilly, D., & Neumann, D. L. (2013). Gender-Role Differences in Spatial Ability: A Meta-Analytic Review. *Sex Roles*, 68(9-10), 521–535. <http://doi.org/10.1007/s11199-013-0269-0>
- Sánchez, Á., Sánchez-Campillo, J., Moreno-Herrero, D., & Rosales, V. (2014). 2D:4D values are associated with mathematics performance in business and economics students. *Learning and Individual Differences*, 36, 110–116. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.10.001>
- Shepard, R., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science, New Series*, 171(3972), 701–703. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1731476>
- Silverman, I., Kastuk, D., Choi, J., & Phillips, K. (1999). Testosterone levels and spatial ability in men. *Psychoneuroendocrinology*, 24(8), 813–822. [http://doi.org/10.1016/S0306-4530\(99\)00031-1](http://doi.org/10.1016/S0306-4530(99)00031-1)

- Takano, Y. & Okubo, M. (1971). Mental Rotation. *Complexity*, 1–4.
<http://doi.org/10.1002/0470018860.s00577>
- Tversky, B. (2005). Functional Significance of Visuospatial Representations. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *The Cambridge handbook of visuo-spatial thinking* (pp. 1–70). Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado de
<http://www-psych.stanford.edu/~bt/space/papers/visuospatialrev.doc1.pdf>
- van der Meij, L., Almela, M., Buunk, A. P., Dubbs, S., & Salvador, A. (2012). 2D:4D in Men Is Related to Aggressive Dominance but Not to Sociable Dominance. *Aggressive Behavior*, 38(3), 208–212. <http://doi.org/10.1002/ab.21422>
- Voyer, D., & Doyle, R. A. (2010). Item type and gender differences on the Mental Rotations Test. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 469–472.
<http://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.04.010>
- Voyer, D., & Saunders, K. A. (2004). Gender differences on the mental rotations test: A factor analysis. *Acta Psychologica*, 117(1), 79–94.
<http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2004.05.003>
- Weiss, E., Siedentopf, C. M., Hofer, A., Deisenhammer, E. A., Hoptman, M. J., Kremser, C., Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: A functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 344(3), 169–172.
[http://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00406-3](http://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00406-3)
- Zheng, Z., & Cohn, M. J. (2011). Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(39), 16289–94. <http://doi.org/10.1073/pnas.1108312108>