

# TRABAJO FIN DE GRADO



## UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

#### GRADO DE MEDICINA

“Estudio comparativo sobre las variables que afectan a las destrezas y curva de aprendizaje en simulación de cirugía robótica”

**Autor:**

M<sup>a</sup>Carmen López Lechuga

**Director:**

Emilio Peña Ros

**Murcia, mayo de 2022**



# TRABAJO FIN DE GRADO



## UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

#### GRADO DE MEDICINA

“Estudio comparativo sobre las variables que afectan a las destrezas y curva de aprendizaje en simulación de cirugía robótica”

**Autor:**

M<sup>a</sup>Carmen López Lechuga

**Director:**

Emilio Peña Ros

**Murcia, mayo de 2022**



# TRABAJO FIN DE GRADO



**UCAM**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SAN ANTONIO

## DEFENSA TRABAJO FIN DE GRADO

DATOS DEL ALUMNO	
Apellidos: López Lechuga	Nombre: M <sup>a</sup> Carmen
DNI: 48703189E	Grado en Medicina
Facultad de Medicina	
Título del trabajo: "Estudio comparativo sobre las variables que afectan a las destrezas y curva de aprendizaje en simulación de cirugía robótica"	

El Dr. Emilio Peña Ros, tutor del trabajo reseñado arriba, acredito su idoneidad y otorgo el V. ° B. ° a su contenido para ir a Tribunal de Trabajo fin de Grado.

En Murcia, a 21 de mayo de 2022.

Fdo.: Emilio Peña Ros



## AGRADECIMIENTOS

A la UCAM, por acogerme y formarme en las dos profesiones más bonitas que existen, enfermería y medicina.

A Emilio Peña, mi tutor de TFG, por su trabajo, esfuerzo y dedicación.  
Agradecer a todas las personas que han participado en este estudio.

A mis amigos y compañeros, a quienes deseo lo mejor. Siempre podrán contar conmigo.

A mi familia, las personas más importantes de mi vida, pues todo el tiempo invertido en crecer en la medicina ha sido tiempo que no he podido estar junto a ellos. A mis padres, Pedro y Cari, a quienes admiro. A mis hermanos Pedro y Alejandro, mis mejores amigos. A mi abuela Carmen, a quien echo terriblemente de menos. A Víctor, mi compañero durante estos diez años.  
Gracias por enseñarme lo que es el amor y no dejarme sola.

*“Nunca estarás tan ocupado para no pensar en los demás”  
(Madre Teresa de Calcuta)*





# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
1.1 Desarrollo histórico de la cirugía	19
1.2 Cirugía laparoscópica asistida por robot	19
1.2.1 Concepto de cirugía laparoscópica	19
1.2.2 Concepto e importancia de robot quirúrgico	20
1.2.3 Componentes del robot quirúrgico	20
1.2.4 Ventajas y limitaciones del robot quirúrgico	21
1.2.5 Indicación de cirugía robótica	21
1.3 Simulación	21
1.3.1 Concepto de simulación	21
1.3.2 Importancia. Limitaciones y ventajas	22
1.3.3 Simuladores de cirugía robótica	22
1.4 Curva de aprendizaje	22
1.4.1 Definición e importancia	23
1.5 Justificación	23
<b>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.</b>	<b>25</b>
2.1 Hipótesis	25
2.2 Objetivos	25
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>27</b>
3.1 Población y material	27
3.1.1 Población	27
3.1.2 Material para el procesado de datos y tratamiento estadístico	27
3.1.3 Material para el desarrollo del estudio	27
3.2 Método	27
3.2.1 Diseño del estudio	27
3.2.2 Definición de las principales variables a medir	28
3.2.3 Selección de sujetos	29

3.2.4	Análisis estadístico de los datos	29
3.2.5	Dificultades y limitaciones del estudio	30
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
4.1	Análisis descriptivo	33
4.2	Análisis por grupos de edad	33
4.2.1	Análisis de las destrezas iniciales	33
4.2.2	Análisis de la curva de aprendizaje	34
4.2.3	Análisis del mantenimiento de habilidades adquiridas	34
4.3	Análisis por género	34
4.3.1	Análisis de las destrezas iniciales	35
4.3.2	Análisis de la curva de aprendizaje	35
4.3.3	Análisis del mantenimiento de habilidades adquiridas	35
4.4	Análisis por experiencia previa en videojuegos	36
4.4.1	Análisis de las destrezas iniciales	36
4.4.2	Análisis de la curva de aprendizaje	36
4.4.3	Análisis del mantenimiento de habilidades adquiridas	37
4.5	Análisis por formación en cirugía laparoscópica avanzada	37
4.5.1	Análisis de las destrezas iniciales	37
4.5.2	Análisis de la curva de aprendizaje	38
4.5.3	Análisis del mantenimiento de habilidades adquiridas	38
4.6	Análisis por puesto de trabajo	39
4.6.1	Análisis de las destrezas iniciales	39
4.6.2	Análisis de la curva de aprendizaje	39
4.6.3	Análisis del mantenimiento de habilidades adquiridas	40
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>41</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>51</b>

8.1 Figuras	51
8.1.1 Tendencia mundial de procedimientos	51
8.1.2 Sistema de cirugía robótica Da Vinci®	51
8.1.3 Distribución de intervenciones por especialidad en la Península Ibérica	52
8.1.4 Imagen Simulador SimNow	52
8.1.5 Análisis de curvas de aprendizaje por edad	53
8.1.6 Análisis de curvas de aprendizaje por género	54
8.1.7 Análisis de curvas de aprendizaje por experiencia en videojuegos	55
8.1.8 Análisis de curvas de aprendizaje por experiencia laparoscópica avanzada	56
8.1.9 Análisis de curvas de aprendizaje por puesto de trabajo	57
8.2 Tablas	59
8.2.1 Variables demográficas y características de la muestra	59
8.2.2 Destrezas iniciales en los grupos de edad	59
8.2.3 Curva de aprendizaje por grupos de edad	60
8.2.4 Mantenimiento de habilidades en los diferentes grupos de edad	61
8.2.5 Destrezas iniciales por género	61
8.2.6 Curva de aprendizaje por grupos de género	62
8.2.7 Mantenimiento de habilidades por género	63
8.2.8 Destrezas iniciales por experiencia en videojuegos	63
8.2.9 Curva de aprendizaje por experiencia en videojuegos	64
8.2.10 Mantenimiento de habilidades por experiencia en videojuegos	65
8.2.11 Destrezas iniciales por formación en laparoscopia	65
8.2.12 Curva de aprendizaje por formación en laparoscopia	66
8.2.13 Mantenimiento de habilidades por formación en laparoscopia.	67
8.2.14 Destrezas iniciales por puestos de trabajo	67
8.2.15 Curva de aprendizaje por puestos de trabajo	68
8.2.16 Mantenimiento de habilidades por puestos de trabajo	69



## **ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS**

ANCOVA: Análisis de Varianza

ANOVA: Análisis de Varianza

CGD: Cirugía General y del Aparato Digestivo

MIR: Médico Interno Residente

p: nivel de significación estadística

3D: 3 Dimensiones



## RESUMEN

Introducción: El avance de la cirugía ha llegado a la adquisición de la cirugía robótica como método y material de trabajo. La simulación se ha abierto paso en la medicina, siendo a día de hoy una herramienta clave en la formación médica. La simulación en la cirugía robótica pretende acotar las curvas de aprendizaje de los cirujanos en formación.

El presente estudio tiene como objetivo determinar aquellos factores que puedan ser determinantes en el rendimiento con la simulación robótica.

Material y métodos: Se trata de un estudio de cohortes prospectivo, secuencial y comparativo en la curva de aprendizaje entre diferentes subgrupos de individuos no entrenados previamente en cirugía robótica. Se midieron variables como la edad, género, experiencia en videojuegos, formación en cirugía laparoscópica avanzada y puesto de trabajo. Se compararon los resultados en 5 ejercicios seleccionados y un programa formativo y evaluativo estructurado y homogéneo.

Resultados: Los participantes menores de 40 años obtienen mejores resultados en destreza inicial, curva de aprendizaje y mantenimiento de habilidades adquiridas. No encontramos diferencias entre hombres y mujeres. La experiencia con videojuegos se asocia con mejor destreza inicial, curva de aprendizaje y mantenimiento de las habilidades adquiridas. La experiencia previa con laparoscopia no se asocia con mejores resultados en destreza inicial y mantenimiento de las habilidades. Los adjuntos obtiene peor puntuación en destreza inicial, curva de aprendizaje y mantenimiento de habilidades que los estudiantes y residentes, no encontrando diferencias entre estos últimos.

Discusión y conclusiones: La juventud, la experiencia previa con videojuegos y ser estudiante o residente de medicina se asocia a mejores resultados en el simulador de cirugía robótica.

**Palabras clave / DeSC: Cirugía asistida por robot, curva de aprendizaje, simulación.**





## **ABSTRACT**

Introduction: The advances in surgery have caused robotic surgery to become a working and material method. Simulation has made its way into medicine, being today the key to medical training. Simulation in robotic surgery aims to shorten the learning curves of surgical trainees.

This study aims to determine the factors that can be decisive for a good performance with robotic simulation.

Material and methods: This is a prospective, sequential and comparative cohort study on the learning curve among different subgroups of individuals with no previous training in robotic surgery. Variables such as age, gender, video game experience, training in advanced laparoscopic surgery and job position were measured. Results were compared in 5 selected exercises and a structured and homogeneous training and evaluation program.

Results: Participants aged less than 40 years achieve better results in starting skills, learning curve and maintenance of acquired skills. No differences between men and women were found. Video game experience is linked to better starting skills, learning curve, and maintenance of skills. Previous experience with laparoscopy is not associated with better results in starting skills and skill maintenance. Attending assistants achieve worse results in starting skills, learning curve and skill maintenance than students and residents, finding no differences between the latter.

Discussion and conclusions: Youth, previous video game experience and being a student or resident of medicine are linked to better results in the robotic surgery simulator.

**Keywords / DeSC: Robotic surgical procedure, learning curve, simulation.**



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Desarrollo histórico de la cirugía**

La palabra cirugía nace de los vocablos griegos “cheir” (mano) y “ergon” (trabajo), significando el arte de trabajar con las manos. En este evolutivo quirúrgico empezamos en el Neolítico donde se realizaban las populares trepanaciones, pasando por la idea de enfermedad como castigo y del médico o cirujano de Dios sanador. La cirugía se va convirtiendo en arte al crear instrumentos quirúrgicos precisos e ir modificando el rol de sanador a cirujano-barbero y curandero. El conocimiento de la anatomía y las diversas guerras, hizo que se consolidara como profesión, llegando al siglo XX, donde la laparoscopia fue revolucionaria<sup>1</sup>. Todo ello junto con el auge tecnológico hizo que naciera la cirugía robótica. Karel Capek inventa el término de robot en 1921, resultando de la palabra checa “robota” que significa un trabajo o actividad forzada que se fue modificando a una actividad repetitiva, precisa y programada. Con discrepancias, la primera intervención robótica se le otorga a Kwoh quién utilizó el sistema robótico para biopsias neuroquirúrgicas. De ahí en adelante, los avances se centraron en la plataforma robótica Da Vinci® como la preponderante el mundo de la robótica<sup>2</sup>.

### **1.2 Cirugía laparoscópica asistida por robot**

En la cirugía laparoscópica asistida por robot encontramos los siguientes apartados:

#### **1.2.1 Concepto de cirugía laparoscópica**

Se entiende por cirugía laparoscópica a la realización de diversas incisiones de pequeño tamaño en la pared abdominal por donde se introduce una cámara e instrumentos quirúrgicos, reduciendo las complicaciones de la cirugía abierta como infecciones, tiempo de recuperación y diferentes secuelas<sup>3</sup>.

### 1.2.2 Concepto e importancia de robot quirúrgico

Se conoce cómo robot quirúrgico al elemento que transfiere los movimientos de las manos de los cirujanos al campo quirúrgico con un aumento de la precisión y disminución del error humano<sup>4</sup>.

La cirugía robótica ha crecido exponencialmente en la última década. En el mundo, se han realizado alrededor de 8,5 millones de operaciones, completando en el 2020 más de 1,2 millones (Figura 1). En el caso de España, supone un aumento mayor al 10% en comparación con 2019<sup>5</sup>. Desde entonces, y en relación a los procedimientos de cirugía general comunes, la cirugía robótica ha ido aumentando en comparación con la cirugía laparoscópica<sup>6</sup>.

### 1.2.3 Componentes del robot quirúrgico

El sistema da Vinci® está compuesto por: Consola quirúrgica, carro del paciente, instrumental y torre de visión (Figura 2).

**-Consola quirúrgica:** Es la mesa de control donde el cirujano realiza los movimientos que debe ejecutar el robot. El cirujano a través de unos binoculares observa el campo con alta resolución y reproduce los movimientos en tres dimensiones, a la vez que elimina movimientos erróneos. Su diseño permite detenerse automáticamente al detectar un movimiento brusco por parte de quién lo controla. Posee un sistema de rayos infrarrojos que desconecta los brazos del robot de manera automática al retirar el cirujano los ojos del sistema binocular<sup>5,7</sup>.

**-Carro del paciente:** Es el componente ejecutor. Formado por tres o cuatro brazos movibles y cambiables. Uno de ellos lleva la cámara y los otros son los que se encargan de sujetar los instrumentos que reproducen las acciones de las manos de los cirujanos<sup>5,7</sup>.

**-Instrumental:** Todos ellos capacitados de cierta retroalimentación táctil electrónica que emite el efecto de resistencia, presión y elasticidad, permitiendo percibir al cirujano la cirugía<sup>5,7</sup>.

**-Torre de visión:** Elabora y procesa la imagen obtenida en 3 dimensiones (3D). Se crea una tercera dimensión real generando al cirujano la

sensación de inmersión. La imagen está aumentada y es precisa por lo que favorece la visión detallada<sup>5,7</sup>.

#### **1.2.4 Ventajas y limitaciones del robot quirúrgico**

Entre las ventajas ofrecidas por este sistema encontramos además de las añadidas por la laparoscopia en general (menor cicatriz, menor sangrado...), la visión de profundidad tridimensional, el movimiento multigrado de libertad que reproduce y perfecciona la articulación de la mano, la posibilidad de manejo y asistencia a distancia, eliminación del temblor y la mejora de la ergonomía del cirujano<sup>8-12</sup>. En cuanto a limitaciones, en los estudios de coste efectividad destaca el mayor tiempo quirúrgico y coste hospitalario<sup>12,13</sup>. Ambas limitaciones serán suprimidas al aumentar la experiencia y enfoque del procedimiento quirúrgico y cuando expire la patente de los instrumentos robóticos<sup>14</sup>.

#### **1.2.5 Indicación de cirugía robótica**

El sistema da Vinci® está autorizado para la práctica urológica, ginecológica, cardiorácica, cabeza y cuello, colorrectal y otras cirugías generales, ya sea el paciente adulto o pediátrico (Figura 3)<sup>15</sup>. Se considera favorable la cirugía robótica cuando se pueda obtener de ella grandes beneficios a nivel clínico y económico<sup>13</sup>. Se debe de realizar siempre y cuando sea aplicable y capaz de ofrecer resultados ventajosos a los pacientes indicados<sup>7</sup>.

### **1.3 Simulación**

#### **1.3.1 Concepto de simulación**

Se define simulación como el proceso para “reemplazar o amplificar experiencias reales con experiencias guiadas que repliquen aspectos sustanciales de la vida real de una manera totalmente interactiva”<sup>8</sup>.

### **1.3.2 Importancia. Limitaciones y ventajas**

La cirugía en todas sus formas es dependiente de la adquisición y aplicación de la destreza y habilidad psicomotriz, de lo contrario se refleja en el paciente negativamente, por lo que la cirugía mínimamente invasiva y la robótica tienen la necesidad de una curva de aprendizaje antes de intervenir a un paciente real<sup>16</sup>.

El número de cirugías realizadas por robot da Vinci® aumenta cada año, y con ello las lesiones iatrogénicas (la falta de experiencia es causante del 50% de fallos en la cirugía), de aquí la importancia del duro entrenamiento antes de la intervención<sup>17</sup>. De esta manera, el uso del simulador crea una realidad virtual que disminuye notablemente el tiempo de realización del trabajo, aumenta la precisión y disminuye los fallos, siendo más efectiva que el ejercicio mediante vídeo. Además, disminuye el tiempo quirúrgico y perfecciona los movimientos.

Como inconvenientes, la simulación no es sinónimo de reemplazo de la intervención quirúrgica, sino un complemento. Por lo que debe de tener unas competencias donde las mínimas horas empleadas aporten el máximo de beneficio, además de tener una retroalimentación continua en su desempeño<sup>16</sup>.

### **1.3.3 Simuladores de cirugía robótica**

Podemos encontrar diferentes tipos de simuladores de realidad virtual para la cirugía robótica, siendo el simulador de habilidades da Vinci® (dVSS; Intuitive Surgical) el preferido por su comodidad y aplicabilidad<sup>17</sup>. Da Vinci® Sim Now® presenta unos modelos de ejercicios fundamentales que ofrecen un ambiente de formación excelente donde se evalúan las destrezas. Estos modelos se pueden especializar en los campos de la ginecología, urología, cirugía torácica y cirugía general y colorrectal (figura 4)<sup>18,19</sup>.

## **1.4 Curva de aprendizaje**

### **1.4.1 Definición e importancia**

La idea de “curva de aprendizaje”, fue introducida por primera vez en la industria de las aeronaves, donde se aceptó que el rendimiento aumenta con la experiencia y el tiempo dando como resultado la mayor productividad. Estos principios se emplean de la misma forma en las disciplinas quirúrgicas, cobrando cada vez mayor importancia conforme surgen nuevos desarrollos tecnológicos que intervienen en el trabajo del cirujano. Para perfeccionar los estándares de investigación clínica en cirugía, se debe de calcular y examinar los cambios en las técnicas y la calidad de las intervenciones<sup>20</sup>.

### **1.5 Justificación**

Una buena formación es necesaria para asegurar un cuidado de calidad a nuestros pacientes, además de garantizar un futuro prometedor en nuestro trabajo<sup>21</sup>. El avance de la tecnología y con ello la creación de la robótica junto con los sistemas de simulación han revolucionado el mundo de la cirugía creando técnicas virtuales muy parecidas a las que se desarrollan en la realidad ofreciendo mejorar el tiempo de enseñanza y conocimientos con un feedback donde cada acierto y fallo cuenta<sup>22</sup>.

A día de hoy, la cirugía robótica supone un hito que se complementa de programas de simulación perfeccionando técnicas que se medirán y evaluarán a través de diferentes ítems desarrollando una curva de aprendizaje. En este trabajo se combina la innovación tecnológica con las diferentes habilidades y características individuales que puedan ayudar o no al progreso de la dinámica de diferentes actividades de la cirugía robótica.

Con los objetivos planteados en el presente estudio pretendemos demostrar si existen variables que afectan a las destrezas innatas en una nueva modalidad quirúrgica tecnológica como es la cirugía robótica, y si la curva de aprendizaje se desarrolla a la misma velocidad en los diferentes grupos analizados. De igual forma, pretendemos demostrar si las habilidades se mantienen en el tiempo en los diferentes grupos estudiados en la misma

medida. Esto podrá ayudar a confeccionar esquemas individualizados de trabajo para completar el aprendizaje mediante simulación según las características del cirujano que debe realizar este aprendizaje. Eventualmente podrá permitir, además, seleccionar el tipo de usuario que puede ser más proclive a aprender y desarrollar destrezas quirúrgicas robóticas con mayor facilidad, alcanzando la excelencia.



## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.**

### **2.1 Hipótesis**

-Determinadas variables personales pueden influir en la curva de aprendizaje en la simulación robótica.

-La mejor curva de aprendizaje la tendrán aquellas personas con experiencia previa en videojuegos sin importancia de la edad, sexo o puesto de trabajo.

-El tener experiencia en videojuegos hace más fácil la adaptación a la simulación robótica, en concreto en el primer contacto, y permite mantener mejor en el tiempo las habilidades adquiridas.

-Las personas de menos de 40 años tienen más rapidez de aprendizaje y menos fallos que las de más de 40 años.

-El hecho de tener una formación previa en laparoscopia avanzada no garantiza una mejor curva de aprendizaje en la simulación.

- No existirán diferencias en cuanto a las destrezas iniciales, la curva de aprendizaje o el mantenimiento de las habilidades en función del género.

- El grupo de estudiantes y de MIR (Médico Interno Residente) tendrá una mayor puntuación en destrezas iniciales, y mejor puntuación durante la curva de aprendizaje. A menor edad, el mantenimiento de las habilidades con el tiempo será mejor.

### **2.2 Objetivos**

- Analizar y comparar las habilidades innatas, la curva de aprendizaje y el mantenimiento de habilidades en función de la edad.

- Comparar las variables consideradas en función del género.

- Determinar si la experiencia previa en videojuegos afecta a los resultados del rendimiento en simulación robótica.

- Comparar los resultados obtenidos por los sujetos con formación en laparoscopia avanzada con los que no la tenían y determinar si esta variable afectaría al desempeño futuro en cirugía robótica.

- Comparar los resultados por puesto de trabajo, entre estudiantes, MIR y adjuntos.

- Establecer un perfil ideal conjugando todas las variables asociadas a un mejor desempeño en simulación robótica para, eventualmente, poder seleccionar determinados sujetos que obtengan un aprendizaje más rápido o desarrollar programas formativos en simulación adaptados al perfil del cirujano a formar.

### **3. MATERIAL Y MÉTODO**

#### **3.1 Población y material**

##### **3.1.1 Población**

Se realizó el estudio seleccionando profesionales sanitarios en formación o ya titulados que desarrollaron su actividad en el Servicio Murciano de Salud entre los meses de Enero de 2022 y Abril de 2022.

En concreto se seleccionó a estudiantes de medicina y especialistas en formación (MIR), y facultativos especialistas en Cirugía General y del Aparato Digestivo (CGD).

##### **3.1.2 Material para el procesado de datos y tratamiento estadístico**

- Ordenadores HP Compaq 1730 Hp ®, Macbook Air M1 2021.
- Microsoft Office para Windows, 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Estados Unidos). Microsoft Pages 10.3 para Mac.
- Programa estadístico SPSS 23.0 (IBM© SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos).
- Programa estadístico R 2.15.3 para Windows
- Paquete IBM SPSS Essentials for R 23.0
- Programa estadístico Ene 3.0® (GlaxoSmithKline S.A, Madrid, España).

##### **3.1.3 Material para el desarrollo del estudio**

Robot Da Vinci modelo Xi® con sistema de simulación Sim Now®.

#### **3.2 Método**

##### **3.2.1 Diseño del estudio**

Se trata de un estudio de cohortes prospectivo, secuencial y comparativo en la curva de aprendizaje entre diferentes subgrupos de individuos no entrenados previamente en cirugía robótica.

Se diseñó un programa formativo y de evaluación para que todos los sujetos tuvieran la misma experiencia y formación previa de cara a las evaluaciones realizadas. Se protocolizó del siguiente modo:

Formación básica de los pedales y mandos (5 minutos)

Pre-test realizando un sólo intento de forma continuada en todos los ejercicios a evaluar: Sea Spikes 1, Wrist articulation 1, Camera 0, Energy pedals 1, Ring rollercoaster 1 (figura 4).

Repetición de cada ejercicio: 2 intentos.

Explicación de cómo hacerlo perfecto.

2 intentos adicionales

Post-test realizando de nuevo un sólo intento en todos los ejercicios realizados en el pre-test.

Se estableció además que se debía realizar la formación, el pre-test y la repetición el mismo día, realizando el Post-test separado al menos 24h después de la repetición, y nunca más tarde de 36h después del aprendizaje.

### **3.2.2 Definición de las principales variables a medir**

- Edad: medida en años desde el nacimiento
- Género: masculino o femenino
- Puesto de trabajo: estudiante, MIR, adjunto.
- Experiencia en videojuegos: se consideró sujeto con experiencia en videojuegos todo aquel con utilización de al menos 2 plataformas diferentes al menos un día a la semana durante al menos 1 año, la última de ellas en los 5 años previos al ejercicio.
- Formación en cirugía laparoscópica avanzada: todo aquel con al menos 50 procedimientos como primer cirujano de intervenciones catalogadas como grado de dificultad IV o V en la gradación del itinerario formativo tipo de la especialidad de CGD <sup>23</sup>
- Puntuación del ejercicio: puntuación total calculada por SimNow® teniendo en cuenta todas las variables consideradas (tiempo de

ejecución, errores, choque de instrumentos, fuerza excesiva, pérdida de vista de instrumentos, caída de objeto, ergonomía y economía del movimiento).

### **3.2.3 Selección de sujetos**

#### **a) Criterios de inclusión:**

- Sujeto de 18 años o más.
- Personal sanitario en formación o titulado.
- Ausencia de experiencia previa en cirugía robótica o sistemas de simulación de cirugía robótica.
- Capaz de entender los ejercicios y aceptando completar las evaluaciones necesarias.

#### **b) Criterios de exclusión:**

- Sujeto menor de 18 años
- Experiencia de cualquier tipo en cirugía robótica o sistemas de simulación de cirugía robótica.
- Incapaz de completar el programa de evaluación
- Artrosis o enfermedad degenerativa articular en las extremidades superiores que impidieran manipular con normalidad los mandos de la consola maestra.

### **3.2.4 Análisis estadístico de los datos**

Los datos de los sujetos se anotaron en un Cuaderno de recogida de datos y se introdujeron todos en una base de datos. El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se probó la normalidad de distribución de las variables métricas continuas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos distribuidos normalmente se describieron utilizando una media y una desviación estándar, y los datos no paramétricos se describieron tal como se presentaron o de otro modo utilizando la mediana y el rango. Para el análisis de las variables cuantitativas con 2 medidas, se utilizó la prueba *t* de Student para muestras

apareadas siempre que se verificara la hipótesis requerida. De lo contrario, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas.

Para variables con medidas repetidas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, tras comprobar que se cumplían los supuestos del modelo (independencia, normalidad e igualdad de varianzas). Tanto los niveles de significación (“p”) como los intervalos de confianza se ajustaron aplicando la corrección de Bonferroni. Antes de aplicar este modelo de ANOVA se comprobó que no existían violaciones de los supuestos que exige dicho modelo para su aplicación: independencia, normalidad, igualdad de varianzas entre los niveles del factor intersujetos y esfericidad multi-muestra (esfericidad de las J matrices de varianzas-covarianzas y el de igualdad de esas J matrices). La normalidad se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El supuesto de igualdad de varianzas entre los niveles del factor intersujetos se contrastó con la prueba de Levene. El supuesto de esfericidad multi-muestra se comprobó para la igualdad de matrices mediante la prueba de Box, y para el supuesto de esfericidad se utilizó la prueba de Mauchly. En caso de que las variables no se ajustaran a los supuestos de normalidad se realizó un análisis de la co-varianza (ANCOVA).

Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ .

### **3.2.5 Dificultades y limitaciones del estudio**

Nuestro estudio presenta una serie de limitaciones que debemos conocer, ya que podrían afectar a los resultados y a su interpretación.

Se trata de un estudio comparativo, pero no aleatorizado, y sin grupo de control activo, por lo que podría haber variables confusoras no consideradas que influyeran sobre los resultados, y puede que la magnitud de algún efecto no sea debido únicamente a las variables consideradas.

El tamaño muestral es limitado, lo que impide un análisis por subgrupos más detallado, por grupos de edad de rango más estrecho, por ejemplo.

Se trata de un estudio inicial, con una evaluación temporal de los resultados de aprendizaje en simulación robótica limitada, que no puede

valorar al completo todas las destrezas existentes, ni la completa evolución de la curva de aprendizaje global en simulación robótica, pues haría falta un análisis a largo plazo de las destrezas, su evolución y mantenimiento a lo largo del tiempo, en un rango de ejercicios más amplio y de mayor dificultad.

Existen variables analizadas que pueden influir de forma conjunta en los resultados, y que se dan de forma coexistente en muchos de los sujetos a estudio, por lo que la magnitud del efecto de cada una de ellas puede resultar difícil de cuantificar.





## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Análisis descriptivo**

Se realizó un análisis descriptivo de la muestra obteniendo los resultados que figuran en la tabla 1. Destacar que la edad media de nuestra muestra fue de 40,70 años, con igualdad de reclutamiento en hombres y mujeres. El grupo mayoritario en cuanto al puesto de trabajo fue el de Adjunto (75%). La mayor parte de los sujetos no tenían experiencia previa en videojuegos (62,5%), pero sí formación en cirugía laparoscópica avanzada (52,5%).

### **4.2 Análisis por grupos de edad**

Se realizó un análisis por grupos de edad. Para ello se categorizó la variable cuantitativa convirtiéndola en cualitativa dicotómica, estableciendo el punto de corte en 40 años. Se constituyeron pues dos grupos: menores de 40 años, y sujetos con 40 años o más.

Dentro de este subgrupo se realizaron varios análisis en base a los objetivos e hipótesis del estudio.

#### **4.2.1 Análisis de las destrezas iniciales**

Para valorar las destrezas iniciales se cuantificaron las puntuaciones en el primer ejercicio o test basal sin contacto previo ni experiencia con ninguna plataforma o simulador de cirugía robótica. Se obtuvo la puntuación en los 5 ejercicios a estudio y se compararon los resultados mediante diferencia de medias mediante la prueba de t-Student.

Los resultados se muestran en la tabla 2. Como se observa, el grupo de menores de 40 años obtuvo mejores puntuaciones en el todos los ejercicios de forma estadísticamente significativa excepto en el ejercicio Ring Rollercoaster donde se obtuvo una p cercana a la significación estadística.

#### **4.2.2 Análisis de la curva de aprendizaje**

Para valorar la evolución de las puntuaciones durante la curva de aprendizaje se tomaron los valores obtenidos en los 6 intentos que realizó cada sujeto en cada ejercicio (per-test, 4 intentos continuados, post-test). Se realizó un test de ANOVA para medidas múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 3 y la figura 5.

Destaca que el grupo de edad de menores de 40 años tuvo mejores puntuaciones durante la curva de aprendizaje en todos los ejercicios realizados de forma estadísticamente significativa.

#### **4.2.3 Análisis del mantenimiento de las habilidades adquiridas**

Para analizar el mantenimiento de las habilidades adquiridas se realizó una comparación de medias para muestras relacionadas dentro de cada grupo de edad, entre el 4º intento de cada ejercicio y la puntuación lograda en el post-test realizado al menos 24 horas después de la realización del entrenamiento. Si existían diferencias significativas entre ambas puntuaciones se asumió que hubo una pérdida en las habilidades adquiridas. Los resultados se muestran en la tabla 4.

De los resultados destaca que el grupo de menores de 40 años no tuvo empeoramiento de las habilidades en los ejercicios Sea Spikes y Wrist Articulation, existiendo un empeoramiento significativo en el resto de ejercicios. El grupo de mayores de 40 años tuvo un empeoramiento estadísticamente significativo en todos los ejercicios.

#### **4.3 Análisis por género**

Se realizó un análisis por género (masculino y femenino). Dentro de este subgrupo se realizaron varios análisis en base a los objetivos e hipótesis del estudio.

#### **4.3.1 Análisis de las destrezas iniciales**

Para valorar las destrezas iniciales se cuantificaron las puntuaciones en el primer ejercicio o test basal sin contacto previo ni experiencia con ninguna plataforma o simulador de cirugía robótica. Se obtuvo la puntuación en los 5 ejercicios a estudio y se compararon los resultados mediante diferencia de medias mediante la prueba de t-Student.

Los resultados se muestran en la tabla 5. Como se observa, no existen diferencias entre género en las destrezas iniciales en ninguno de los ejercicios evaluados, siendo ambos grupos comparables.

#### **4.3.2 Análisis de la curva de aprendizaje**

Para valorar la evolución de las puntuaciones durante la curva de aprendizaje se tomaron los valores obtenidos en los 6 intentos que realizó cada sujeto en cada ejercicio (per-test, 4 intentos continuados, post-test). Se realizó un test de ANOVA para medidas múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 6 y la figura 6.

Como observamos, no existen diferencias por género en ninguno de los ejercicios durante los diferentes intentos, siendo ambos grupos comparables en esta variable analizada.

#### **4.3.3 Análisis del mantenimiento de las habilidades adquiridas**

Para analizar el mantenimiento de las habilidades adquiridas se realizó una comparación de medias para muestras relacionadas dentro de cada grupo de edad, entre el 4º intento de cada ejercicio y la puntuación lograda en el post-test realizado al menos 24 horas después de la realización del entrenamiento. Si existían diferencias significativas entre ambas puntuaciones se asumió que hubo una pérdida en las habilidades adquiridas. Los resultados se muestran en la tabla 7.

De los resultados destaca que el grupo de género masculino no tuvo empeoramiento de las habilidades en los ejercicios Sea Spikes y Wrist Articulation, existiendo un empeoramiento significativo en el resto de ejercicios. El grupo de género femenino presentó un empeoramiento estadísticamente significativo en todos los ejercicios.

#### **4.4 Análisis por experiencia previa en videojuegos.**

Se realizó un análisis por grupos según sí tenían experiencia previa en videojuegos o no. El grupo con experiencia en videojuegos incluyó a 15 sujetos (37,5%) mientras que el grupo sin experiencia incluyó a 25 sujetos (62,5%). Dentro de este subgrupo se realizaron varios análisis en base a los objetivos e hipótesis del estudio.

##### **4.4.1 Análisis de las destrezas iniciales**

Para valorar las destrezas iniciales se cuantificaron las puntuaciones en el primer ejercicio o test basal sin contacto previo ni experiencia con ninguna plataforma o simulador de cirugía robótica. Se obtuvo la puntuación en los 5 ejercicios a estudio y se compararon los resultados mediante diferencia de medias mediante la prueba de t-Student.

Los resultados se muestran en la tabla 8. Como se observa, el grupo con experiencia previa en videojuegos obtuvo mejores puntuaciones en el todos los ejercicios de forma estadísticamente significativa.

##### **4.4.2 Análisis de la curva de aprendizaje**

Para valorar la evolución de las puntuaciones durante la curva de aprendizaje se tomaron los valores obtenidos en los 6 intentos que realizó cada sujeto en cada ejercicio (per-test, 4 intentos continuados, post-test). Se realizó un test de ANOVA para medidas múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 9 y la figura 7.

Destaca que el grupo con experiencia previa en videojuegos tuvo mejores puntuaciones durante la curva de aprendizaje en todos los ejercicios realizados de forma estadísticamente significativa.

#### **4.4.3 Análisis del mantenimiento de las habilidades adquiridas**

Para analizar el mantenimiento de las habilidades adquiridas se realizó una comparación de medias para muestras relacionadas dentro de cada grupo de edad, entre el 4º intento de cada ejercicio y la puntuación lograda en el post-test realizado al menos 24 horas después de la realización del entrenamiento. Si existían diferencias significativas entre ambas puntuaciones se asumió que hubo una pérdida en las habilidades adquiridas. Los resultados se muestran en la tabla 10.

De los resultados destaca que el grupo con experiencia en videojuegos no tuvo empeoramiento de las habilidades en los ejercicios Sea Spikes y Wrist Articulation, existiendo un empeoramiento significativo en el resto de ejercicios. El grupo sin experiencia en videojuegos tuvo un empeoramiento estadísticamente significativo en todos los ejercicios.

#### **4.5 Análisis por formación en cirugía laparoscópica avanzada**

Se realizó un análisis por grupos en función de la formación en cirugía laparoscópica avanzada. Dentro de este subgrupo se realizaron varios análisis en base a los objetivos e hipótesis del estudio.

##### **4.5.1 Análisis de las destrezas iniciales**

Para valorar las destrezas iniciales se cuantificaron las puntuaciones en el primer ejercicio o test basal sin contacto previo ni experiencia con ninguna plataforma o simulador de cirugía robótica. Se obtuvo la puntuación en los 5 ejercicios a estudio y se compararon los resultados mediante diferencia de medias mediante la prueba de t-Student.

Los resultados se muestran en la tabla 11. Como se observa, el grupo sin formación en laparoscopia avanzada obtuvo mejores puntuaciones en el todos los ejercicios de forma estadísticamente significativa excepto en el ejercicio Ring Rollercoaster donde se encontraron diferencias significativas.

#### **4.5.2 Análisis de la curva de aprendizaje**

Para valorar la evolución de las puntuaciones durante la curva de aprendizaje se tomaron los valores obtenidos en los 6 intentos que realizó cada sujeto en cada ejercicio (per-test, 4 intentos continuados, post-test). Se realizó un test de ANOVA para medidas múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 12 y la figura 8.

Como observamos, no existen diferencias entre ambos grupos en ninguno de los ejercicios durante los diferentes intentos, siendo ambos grupos comparables en esta variable analizada.

#### **4.5.3 Análisis del mantenimiento de las habilidades adquiridas**

Para analizar el mantenimiento de las habilidades adquiridas se realizó una comparación de medias para muestras relacionadas dentro de cada grupo de edad, entre el 4º intento de cada ejercicio y la puntuación lograda en el post-test realizado al menos 24 horas después de la realización del entrenamiento. Si existían diferencias significativas entre ambas puntuaciones se asumió que hubo una pérdida en las habilidades adquiridas. Los resultados se muestran en la tabla 13.

De los resultados destaca que el sin formación en laparoscopia avanzada no tuvo empeoramiento de las habilidades en los ejercicios Sea Spikes y Wrist Articulation, existiendo un empeoramiento significativo en el resto de ejercicios. El grupo con formación en laparoscopia avanzada tuvo un empeoramiento estadísticamente significativo en todos los ejercicios.

## **4.6 Análisis por puesto de trabajo**

Se realizó un análisis por por puesto de trabajo. La distribución de participantes por grupo se detalla en la tabla 1. Dentro de estos subgrupos se realizaron varios análisis en base a los objetivos e hipótesis del estudio.

### **4.6.1 Análisis de las destrezas iniciales**

Para valorar las destrezas iniciales se cuantificaron las puntuaciones en el primer ejercicio o test basal sin contacto previo ni experiencia con ninguna plataforma o simulador de cirugía robótica. Se obtuvo la puntuación en los 5 ejercicios a estudio y se compararon los resultados mediante diferencia de medias mediante la prueba de ANOVA. Se realizaron comparaciones 2 a 2 con el ajuste de Bonferroni para comparar los resultados entre cada uno de los grupos.

Los resultados se muestran en la tabla 14. Como se observa, el grupo de MIR presentó mejores puntuaciones que el grupo de adjuntos de forma estadísticamente significativa en todos los ejercicios excepto en Ring Rollercoaster. En la comparación entre estudiantes y adjuntos se encontraron diferencias significativas a favor de los primeros en los ejercicios Wrist Articulation, Camera 0 y Energy Pedals, sin encontrar diferencias en Sea Spikes ni en Ring Rollercoaster. Al comparar estudiantes con MIR no se hallaron diferencias en las puntuaciones basales en ninguno de los ejercicios, por lo que ambos grupos serían comparables en cuanto a destrezas iniciales.

### **4.6.2 Análisis de la curva de aprendizaje**

Para valorar la evolución de las puntuaciones durante la curva de aprendizaje se tomaron los valores obtenidos en los 6 intentos que realizó cada sujeto en cada ejercicio (per-test, 4 intentos continuados, post-test). Se realizó un test de ANOVA para medidas múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 15 y la figura 9. Se compararon los resultados 2 a 2 con el ajuste de Bonferroni para obtener resultados entre cada uno de los grupos.

No encontramos diferencias en ninguno de los ejercicios entre el grupo de estudiantes y el de MIR a lo largo de todos los intentos de la curva de aprendizaje. Al comparar MIR y adjuntos, los primeros presentaron mejores puntuaciones en todos los ejercicios durante la curva de aprendizaje, de forma estadísticamente significativa. Entre el grupo de estudiantes y el de adjuntos, hallamos diferencias en todos los ejercicios a favor del grupo estudiantes excepto en Sea Spikes.

#### **4.6.3 Análisis del mantenimiento de las habilidades adquiridas**

Para analizar el mantenimiento de las habilidades adquiridas se realizó una comparación de medias para muestras relacionadas dentro de cada grupo, entre el 4º intento de cada ejercicio y la puntuación lograda en el post-test realizado al menos 24 horas después de la realización del entrenamiento. Si existían diferencias significativas entre ambas puntuaciones se asumió que hubo una pérdida en las habilidades adquiridas. Los resultados se muestran en la tabla 16.

De los resultados destaca que el grupo de estudiantes no tuvo empeoramiento de las habilidades en ninguno de los ejercicios. El grupo de MIR tuvo en deterioro con significación estadística en la puntuación de los ejercicios Camera 0 y Ring Rollercoaster, mientras que no empeoró en el resto. El grupo de adjuntos tuvo un empeoramiento estadísticamente significativo en todos los ejercicios evaluados.



## 5. DISCUSIÓN

En este estudio se evidencia como la edad juega un papel fundamental en la formación de la cirugía robótica a través de la simulación, obteniendo aquellas persona más jóvenes, mejores resultados innatos y mejor curva de aprendizaje en general. Esto contrasta con lo publicado por Phé, V.<sup>24</sup>, en cuyo estudio no objetivan diferencias significativas al comparar el grupo de cirujanos junior con el senior, aunque quizás en su estudio faltaba un grupo con una edad inferior a 30 años que es en el que más diferencias hemos observado nosotros. No obstante, Meier, M.<sup>25</sup> concluye en su estudio que el rendimiento en cirugía robótica medido por simulación dependía de la edad del cirujano, independientemente de la experiencia, al evaluar novatos jóvenes y senior.

Además, en nuestro estudio se demuestra que a menor edad hay un mayor mantenimiento de las habilidades, ya que los estudiantes no obtuvieron empeoramiento en ningún ejercicio, mientras que los MIR sí que lo hicieron en 2 de ellos, siendo estos de los más complejos, y existió empeoramiento en todos los ejercicios en el caso de los adjuntos. Otros estudios han demostrado que la edad es un factor determinante en el mantenimiento de habilidades en simulador<sup>26</sup>.

A lo hora de evaluar el impacto del género del cirujano en los resultados obtenidos en las distintas tareas de simulación de este trabajo, no encontramos diferencias significativas entre hombres y mujeres en destreza inicial y curva de aprendizaje. Sólo en el estudio del mantenimiento de las habilidades adquiridas encontramos mínimas diferencias a favor del género masculino. Sin embargo, algunos estudios encuentran importantes desigualdades al respecto, como es el caso del trabajo publicado por Chiu, H.<sup>27</sup> donde concluyen que las estudiantes de medicina son más rápidas y cometen menos errores en los ejercicios de sutura. En contra posición, otros estudios<sup>28</sup> determinan que los estudiantes parecen superar a las estudiantes y esto puede ser debido a diferentes habilidades visoespaciales, asociadas a una mayor adquisición de destrezas quirúrgicas. Esta diferencia inicial desaparece rápidamente en la

carrera quirúrgica, ya que las mujeres adquieren habilidades quirúrgicas superiores con entrenamiento apropiado.

Teniendo en cuenta que la simulación en cirugía robótica conjuga variables como las destrezas manuales y las habilidades visoespaciales, encontramos lógico que en nuestro estudio no haya diferencias entre género, pues aunque las estudiantes parecen ser más hábiles en destrezas manuales, velocidad y errores cometidos, los estudiantes pueden compensar esto con una mayor habilidad visoespacial.

En relación a la variable analizada de experiencia previa en videojuegos, en nuestro estudio observamos que aquellos participantes con dicha experiencia, obtienen mejores resultados innatos, mejores curvas de aprendizaje y menor pérdida de habilidades adquiridas. Así pues, en el estudio realizado por Andreas Pierre, argumenta que tener experiencia en videojuegos se puede considerar como una ventaja en la realización de los ejercicios de simulación de la cirugía robótica, demostrando que dicha experiencia da una ventaja en esta práctica. Añade que son numerosos los estudios donde se relaciona a los jugadores de videojuegos con mejores habilidades laparoscópicas iniciales, convirtiéndose estos es una forma de entrenar sus destrezas<sup>29</sup>.

En el metaanálisis realizado por Grupta, verifica que ser jugador de videojuegos se relaciona con mejores tiempos, mejores movimientos y actuación en la cirugía robótica. Justifica de esta forma que el entreno de la coordinación mano-ojo obtenido por videojuegos se traducen en un mayor rendimiento en la cirugía robótica. Añade que cualquier tipo de videojuego, sin importar el tiempo de practica puede ser beneficioso. En contra, insiste en la realización de estudios menos heterogéneos para obtener resoluciones firmes<sup>30</sup>.

Realizando un análisis mas detallado de los resultados extraídos en la posible relación entre la experiencia previa con videojuegos y el rendimiento

conseguido en un simulador de cirugía robótica, observamos como el efecto de la asociación entre estas variables es mayor en las tareas más sencillas del simulador, reduciéndose conforme aumenta la complejidad de la tarea. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Borahay, M.A.<sup>31</sup> donde al comparar un grupo de estudiantes de instituto con un grupo de residentes de medicina, encuentra que el grupo de estudiantes, con una mayor experiencia en videojuegos, obtienen puntuaciones similares a los residentes en las tareas básicas del simulador. Sin embargo, en las tareas más complejas, obtienen peores puntuaciones, necesitando mayor tiempo para completarlas. Este hecho también se da en laparoscópica, Lehmann y sus compañeros<sup>32</sup> encuentran una correlación positiva entre la experiencia en videojuegos y la laparoscopia en habilidades básicas, a diferencia de las técnicas más complejas.

Al evaluar la relación que puede tener la experiencia previa en laparoscopia con la destreza en cirugía robótica, no encontramos en nuestro análisis una asociación entre esta variable y los resultados obtenidos en los ejercicios de simulación robótica, no existiendo diferencias en sus curvas de aprendizaje. De hecho, aquellos participantes sin experiencia previa presentan mejores resultados en destreza inicial y mantenimiento de las habilidades adquiridas. Esto se encuentra en consonancia con los resultados publicados por Pimentel, M.<sup>33</sup> o Eun Yoo, B.<sup>34</sup> donde concluye que la experiencia laparoscópica no debe ser un paso esencial en la curva de aprendizaje inicial en cirugía robótica. Sin embargo, Panaid, L.<sup>35</sup> matiza que aunque para tareas simples, los participantes con habilidades laparoscópicas preexistentes se desenvuelven peor con el robot, con el aumento de la dificultad de la tarea el rendimiento robótico es igual o mejor que con la laparoscopia. Por otra parte, en el artículo de John J. Et al.,<sup>36</sup> los estudiantes de medicina con experiencia en cirugía laparoscópica obtuvieron un mejor resultado en las pruebas de simulación robótica que los que no tenían dicha experiencia, sugiriendo el traspaso de dichas habilidades a la cirugía robótica.

Aún así, debemos dar a estos resultados la validez relativa que puedan tener, sin olvidar que existen condicionantes. Por ejemplo, el hecho de que los

sujetos con experiencia en laparoscopia avanzada normalmente son más mayores, y además, el grupo de cirujanos más mayores tenía menos proporción de sujetos con experiencia en videojuegos, por lo que todas estas covariables pueden estar influyendo de forma sinérgica, haciendo que los expertos en laparoscopia tengan incluso peores resultados en algunas variables, cuando quizás es su edad o su desempeño en videojuegos lo que condiciona estas diferencias.

Otra de las variables analizadas en este estudio es la categoría profesional de los participantes y su posible relación con el desempeño en el simulador de cirugía robótica. En nuestro análisis objetivamos cómo los adjuntos obtienen peores resultados en habilidades iniciales y curvas de aprendizaje frente a estudiantes y MIR. En cuanto al mantenimiento de las habilidades adquiridas mientras que estudiantes y MIR no empeoran en la mayoría de los ejercicios, los adjuntos empeoran en todos. Sin embargo, al comparar estudiantes y MIR, no encontramos diferencias entre ellos. En este sentido, los resultados hallados en la bibliografía son dispares. Liss, M.A. y cols. objetivan en su estudio<sup>37</sup> como cirujanos expertos y residentes obtienen mejores puntuaciones en simulación que los estudiantes. Por su parte, en el ya mencionado artículo de Phé, V.<sup>24</sup> no se obtienen diferencias entre cirujanos jóvenes y experimentados en las tareas de simulación robótica, por lo que consideran que aquellos cirujanos con experiencia quirúrgica no pueden beneficiarse de este tipo de formación, a diferencia de los estudiantes.

Finnerty, B.M.<sup>38</sup> identifica en su trabajo como los residentes mayores obtienen mejores desempeños frente a residentes menores y estudiantes solo en aquellas tareas avanzadas como la sutura, al contrario que en tareas básicas donde los resultados son similares. Esto lo achaca a la mayor experiencia laparoscópica que tienen los residentes mayores. En nuestro estudio también encontramos una tendencia general a que se igualen los resultados en Ring Rollercoaster, que aún siendo un ejercicio básico, es el más difícil de los evaluados.

## **6. CONCLUSIONES**

La edad es un factor determinante en las habilidades necesarias para el manejo de un simulador de cirugía robótica, demostrando que los jóvenes presentan una destreza superior, mejor curva de aprendizaje, y mayor mantenimiento de habilidades.

El género no parece influir en el desempeño en el simulador de cirugía robótica, siendo similares los resultados obtenidos entre hombres y mujeres.

La experiencia previa con videojuegos constituye una herramienta útil para mejorar el rendimiento futuro en la simulación robótica.

El hecho de que un cirujano disponga de experiencia en cirugía laparoscópica no parece determinar el rendimiento ulterior que mostrará en un simulador de cirugía robótica.

La actuación realizada por estudiantes de medicina y MIR en el simulador de cirugía robótica es similar entre ambos y superior a la de los adjuntos.

Los sujetos más jóvenes, y con experiencia previa en videojuegos, sin importar el género ni su formación en laparoscopia avanzada serán los que más rápido desarrollarán habilidades en simulación robótica. Considerando los resultados de nuestro estudio, debemos adaptar los programas formativos en función de las características del candidato.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Gargantilla P. Breve Historia de La Medicina. Nowtilus; 2011.
2. Martínez Ramos C. Robótica y cirugía laparoscópica. Cir Esp [Internet]. 2006 [citado el 15 de enero de 2022];80(4):189–94.
3. Salazar-Colores S, Moreno HA, Moya U, Ortiz-Echeverri CJ, Paz LAT de la, Flores G. Eliminación de los efectos de humo en cirugía laparoscópica usando redes antagónicas generativas y el principio del canal oscuro. Cir Cir. 2022;90(1):74–83.
4. Bhandari M, Zeffiro T, Reddiboina M. Artificial intelligence and robotic surgery: Current perspective and future directions. Curr Opin Urol. 2020;30(1):48–54.
5. Esteban L, González-Gil M. Dossier de prensa. Abex, excelencia robótica [Internet] Febrero de 2021 [Consultado 10 febrero de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.abexsl.es/es/prensa/dossier-de-prensa>
6. Chen R, Rodrigues Armijo P, Krause C, SAGES Robotic Task Force, Siu K-C, Oleynikov D. A comprehensive review of robotic surgery curriculum and training for residents, fellows, and postgraduate surgical education. Surg Endosc. 2020;34(1):361–7.
7. Rivas-López R, Sandoval-García-Travesí FA. Cirugía robótica en ginecología: revisión de la literatura. Cir Cir. 2020; 88(1).
8. Saito T, Fukami Y, Kurahashi S, Yasui K, Uchino T, Matsumura T, et al. Current status and future perspectives of robotic inguinal hernia repair. Surg Today. 2021; EN PRENSA. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00595-021-02413-3>
9. Tae K. Robotic thyroid surgery. Auris Nasus Larynx. 2021;48(3):331–8.
10. Mikhail D, Sarcona J, Mekhail M, Richstone L. Urologic robotic surgery. Surg Clin North Am. 2020;100(2):361–78.
11. Castillo OA, Sánchez-Salas R. Bases laparoscópicas de la cirugía robótica. Arch Esp Urol. 2007;60(4).
12. Ruhle BC, Ferguson Bryan A, Grogan RH. Robot-assisted endocrine surgery: Indications and drawbacks. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2019;29(2):129–35.

13. Leal Ghezzi T, Campos Corleta O. 30 years of robotic surgery. *World J Surg.* 2016;40(10):2550–7.
14. Quijano Y, Nuñez-Alfonse J, Ielpo B, Ferri V, Caruso R, Durán H, et al. Robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: a comparative cost-effectiveness study. *Tech Coloproctol.* 2020;24(3):247–54.
15. Koukourikis P, Rha KH. Robotic surgical systems in urology: What is currently available? *Investig Clin Urol.* 2021;62(1):14–22.
16. García-Perdomo HA, Echeverría-García F, Gutiérrez Rojas AF. El rol de la simulación en la practica y entrenamiento urológico. *Colomb Urol J.* 2021;30(03):e155–6.
17. Takata R, Kanehira M, Kato Y, Matsuura T, Kato R, Maekawa S, et al. Improvement of three-dimensional motion sickness using a virtual reality simulator for robot-assisted surgery in undergraduate medical students: a prospective observational study. *Research Square.* 2021; 21(1):498.
18. Da Vinci® surgery [Internet]. Symbionix | To Advance Clinical Performance. 2014 [cited 2022 Apr 12]. Available from: <https://symbionix.com/simulators/robotix-mentor/da-vinci-surgery/>
19. SimNow® [Internet]. Intuitive.com. [cited 2022 May 23]. Available from: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/education/simnow>
20. Xie X, Feng L, Li K, Wang C, Xiang B. Learning curve of robot-assisted choledochal cyst excision in pediatrics: report of 60 cases. *Surg Endosc.* 2021;35(6):2690–7.
21. Doğan Değer M, Alperen Yıldız H, Denizhan Demirkıran E, Madendere S. Estado actual de la formación urológica y diferencias entre instituciones. *Actas Urol Esp.* 2022; S2173-5786(22)00003-8.
22. Zagalzky D, Wonaga A. Educación virtual y simulación en endoscopía. *Acta Gastroenterol Latinoam.* 2022;52(1):18-20.
23. BOE.es - BOE-A-2007-9409 Orden SCO/1260/2007, de 13 de abril, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Cirugía General y del Aparato Digestivo [Internet]. Boe.es. [cited 2022 May 23]. Available from: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-9409>



24. Phé V, Cattarino S, Parra J, Bitker M-O, Ambrogi V, Vaessen C, et al. Outcomes of a virtual-reality simulator-training programme on basic surgical skills in robot-assisted laparoscopic surgery. *Int J Med Robot.* 2017;13(2).
25. Meier M, Horton K, John H. Da Vinci® Skills Simulator™: is an early selection of talented console surgeons possible? *J Robot Surg.* 2016;10(4): 289–96.
26. Kennedy Q, Taylor J, Noda A, Yesavage J, Clazzeroni L. The STEP model: Characterizing simultaneous time effects on practice for flight simulator performance among middle-aged and older pilots. *Psychol Aging.* 2015;30(3):699-711.
27. Chiu H-Y, Kang Y-N, Wang W-L, Tong Y-S, Chang S-W, Fong T-H, et al. Gender differences in the acquisition of suturing skills with the da Vinci surgical system. *J Formos Med Assoc.* 2020;119(1 Pt 3):462–70.
28. Ali A, Subhi Y, Ringsted C, Konge L. Gender differences in the acquisition of surgical skills: a systematic review. *Surg Endosc.* 2015;29(11):3065–73.
29. Hvolbek AP, Nilsson PM, Sanguedolce F, Lund L. A prospective study of the effect of video games on robotic surgery skills using the high-fidelity virtual reality RobotiX simulator. *Adv Med Educ Pract.* 2019;10:627–34.
30. Gupta A, Lawendy B, Goldenberg MG, Grober E, Lee JY, Perlis N. Can video games enhance surgical skills acquisition for medical students? A systematic review. *Surgery.* 2021;169(4):821–9.
31. Borahay MA, Jackson M, Tapisız OL, Lyons E, Patel PR, Nassar R, et al. Assessment of minimally invasive surgical skills of pre-medical students: What can we learn from future learners? *J Turk Ger Gynecol Assoc.* 2014;15(2):69–73.
32. Lehmann KS, Holmer C, Gillen S, Gröne J, Zurbuchen U, Ritz JP, et al. Suitability of a virtual reality simulator for laparoscopic skills assessment in a surgical training course. *Int J Colorectal Dis.* 2013;28(4):563–71.
33. Pimentel M, Cabral RD, Costa MM, Neto BS, Cavazzola LT. Does previous laparoscopic experience influence basic robotic surgical skills? *J Surg Educ.* 2018;75(4):1075–81.

34. Yoo BE, Kim J, Cho JS, Shin JW, Lee DW, Kwak JM, et al. Impact of laparoscopic experience on virtual robotic simulator dexterity. *J Minim Access Surg.* 2015;11(1):68–71.
35. Panait L, Shetty S, Shewokis PA, Sanchez JA. Do laparoscopic skills transfer to robotic surgery? *J Surg Res.* 2014;187(1):53–8.
36. Kanitra JJ, Khogali-Jakary N, Gambhir SB, Davis AT, Hollis M, Moon C, et al. Transference of skills in robotic vs. laparoscopic simulation: a randomized controlled trial. *BMC Surg.* 2021;21(1):379.
37. Liss MA, Abdelshehid C, Quach S, Lusch A, Graversen J, Landman J, et al. Validation, correlation, and comparison of the da Vinci trainer(TM) and the daVinci surgical skills simulator(TM) using the Mimic(TM) software for urologic robotic surgical education. *J Endourol.* 2012;26(12):1629–34.
38. Finnerty BM, Afaneh C, Aronova A, Fahey TJ 3rd, Zarnegar R. General surgery training and robotics: Are residents improving their skills? *Surg Endosc.* 2016;30(2):567–73.

## 8. TABLAS Y FIGURAS

### 8.1 FIGURAS

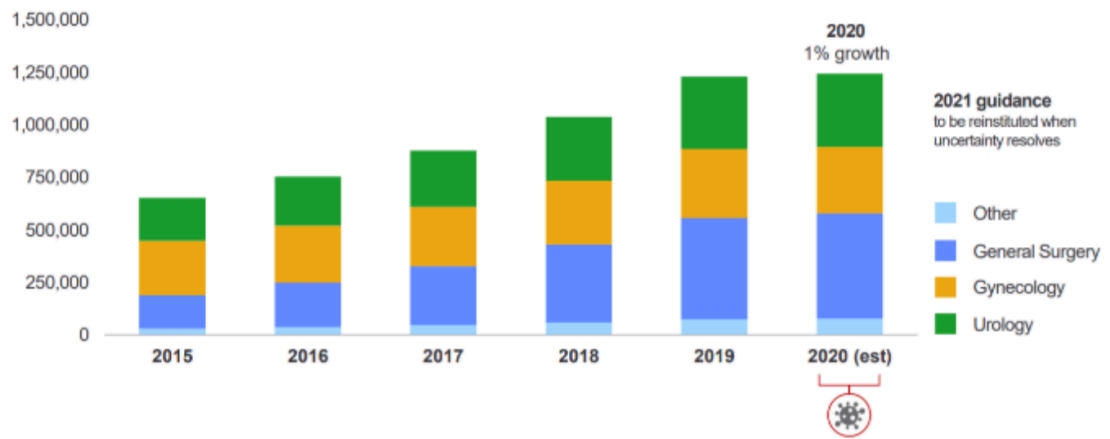


Figura 1. Tendencia mundial de procedimientos<sup>5</sup>.



Figura 2. Sistema de cirugía robótica de da Vinci®<sup>5</sup>.

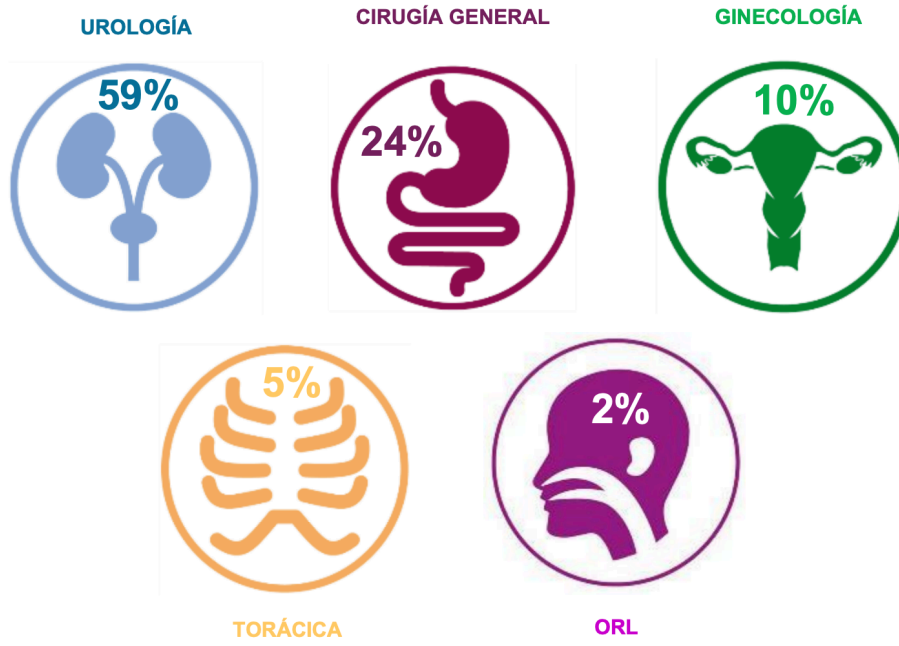


Figura 3. Distribución de intervenciones por especialidad en la Península Ibérica<sup>5</sup>.

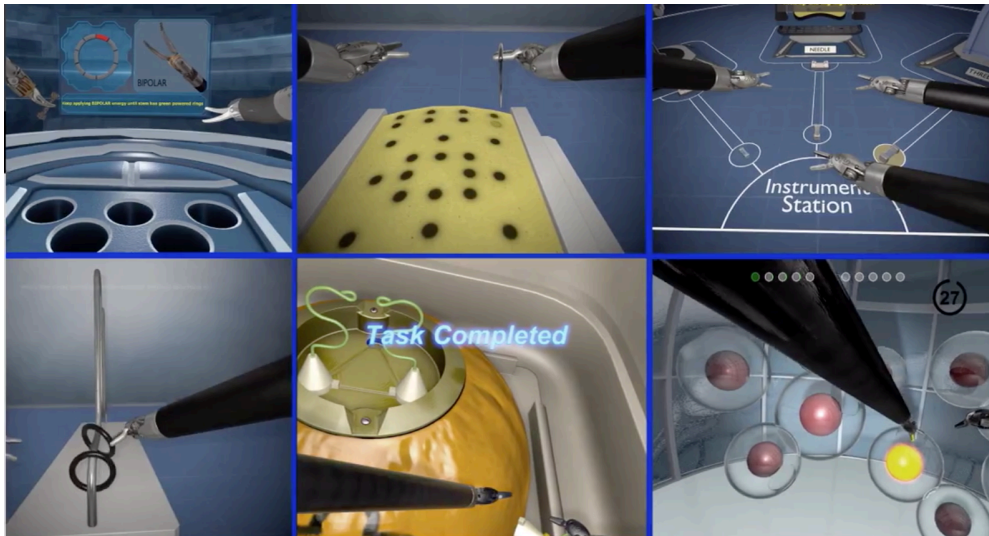


Figura 4. Imagen simulador SimNow<sup>19</sup>.

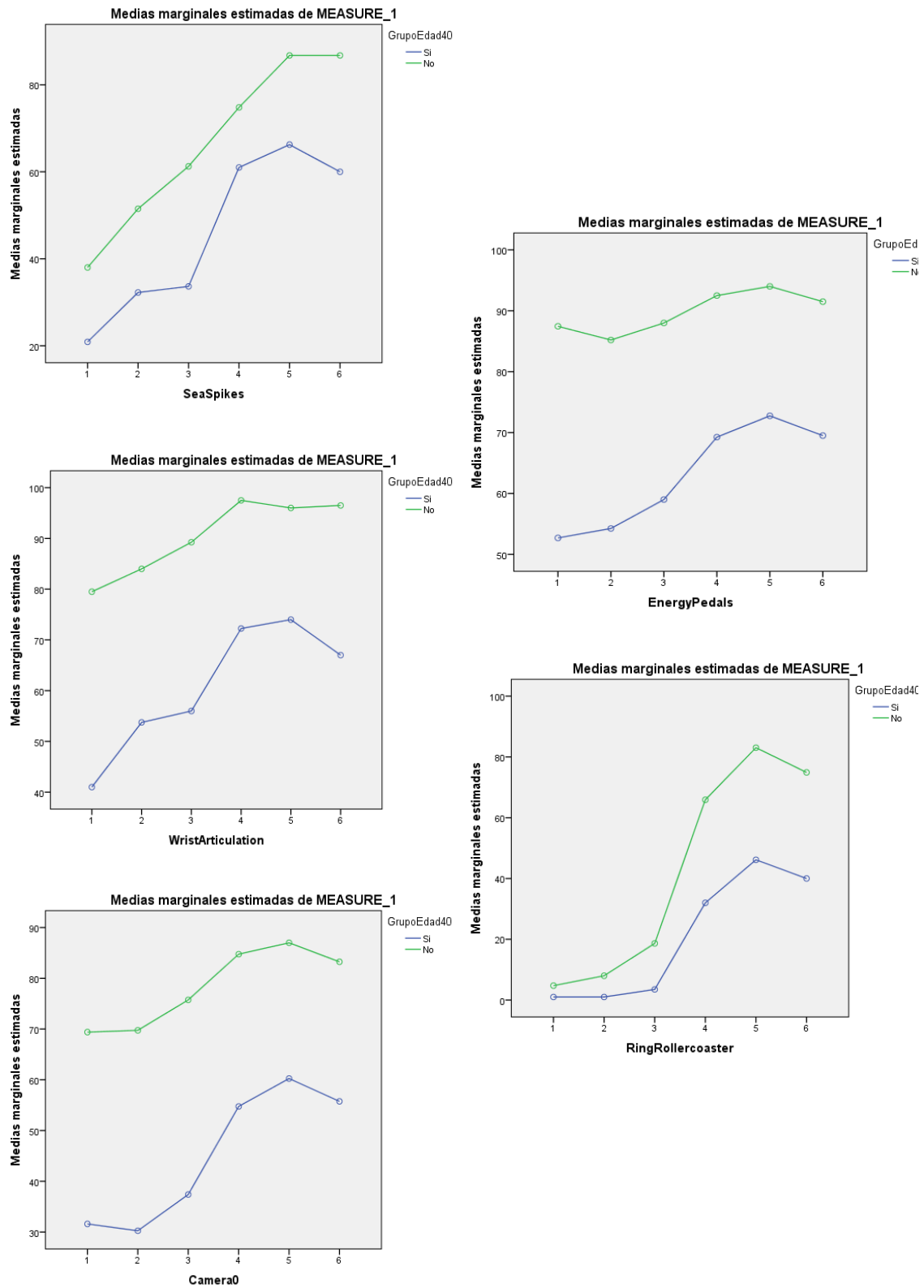


Figura 5. Análisis de curvas de aprendizaje por edad.

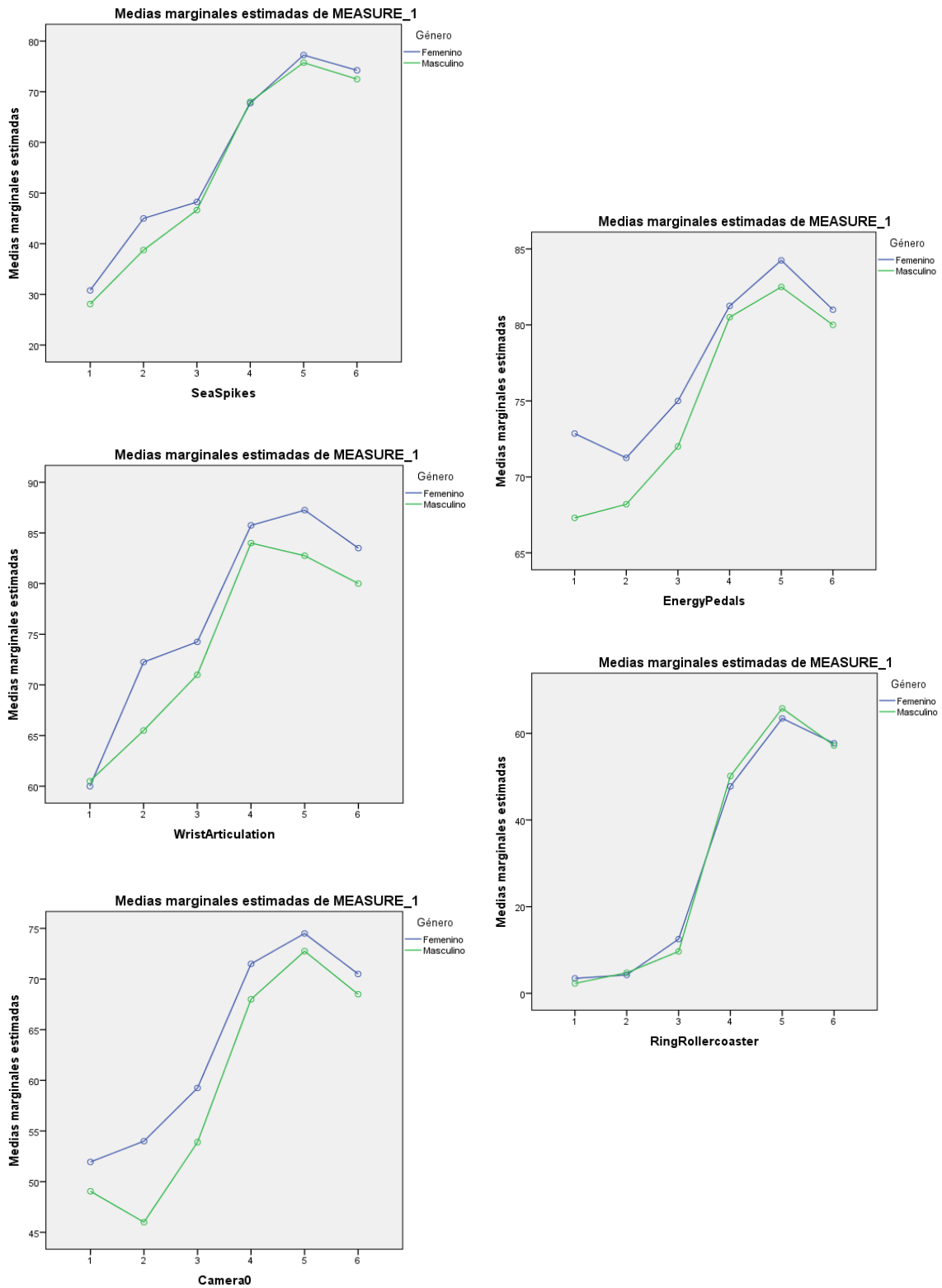


Figura 6. Análisis de curvas de aprendizaje por género.

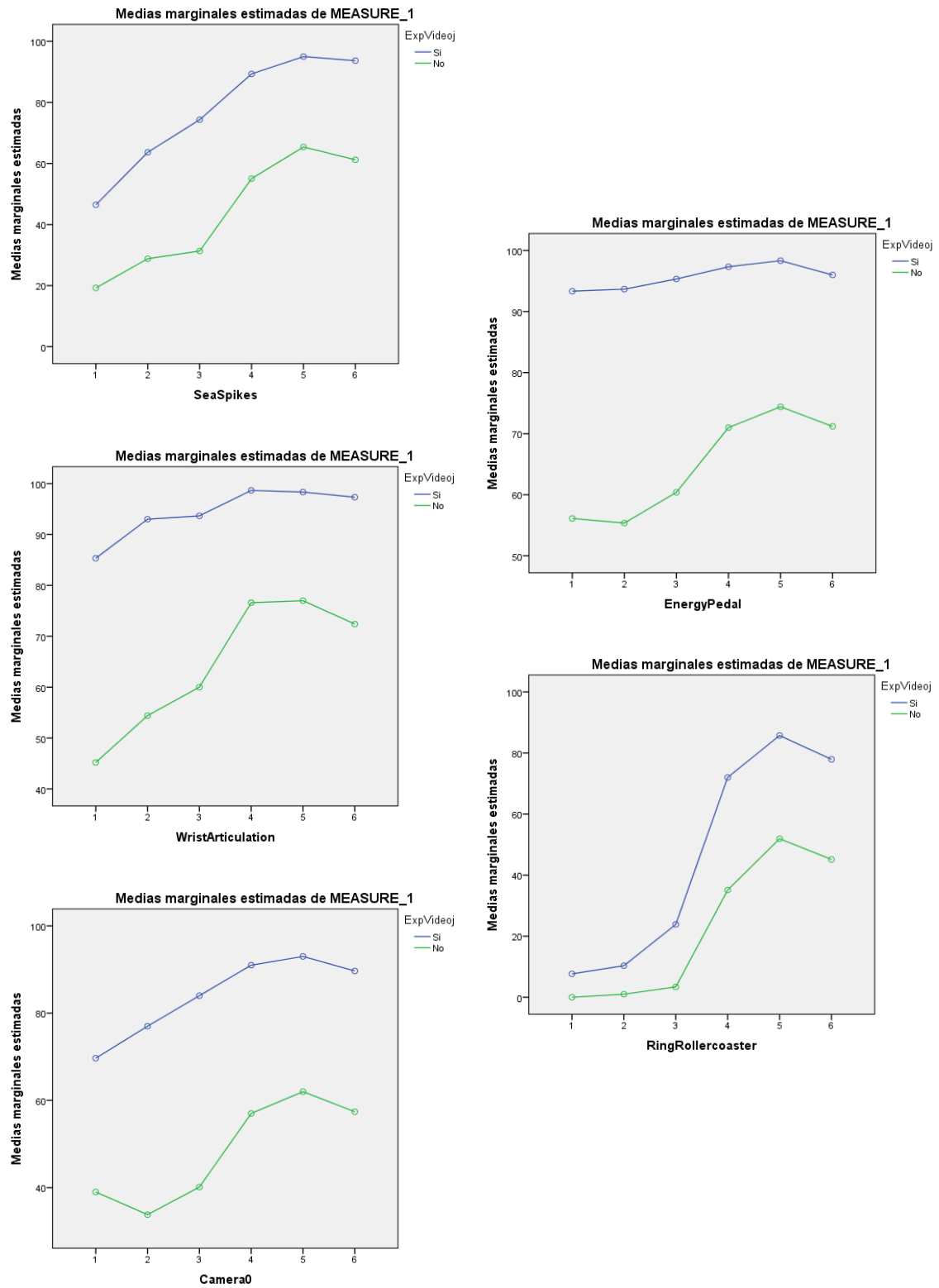


Figura 7. Análisis de curvas de aprendizaje por experiencia en videojuegos.

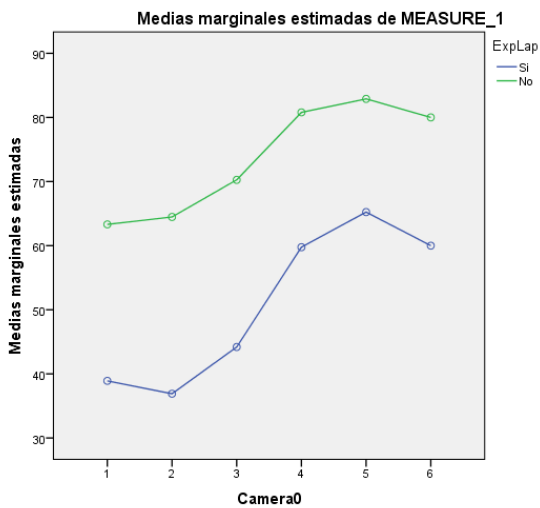
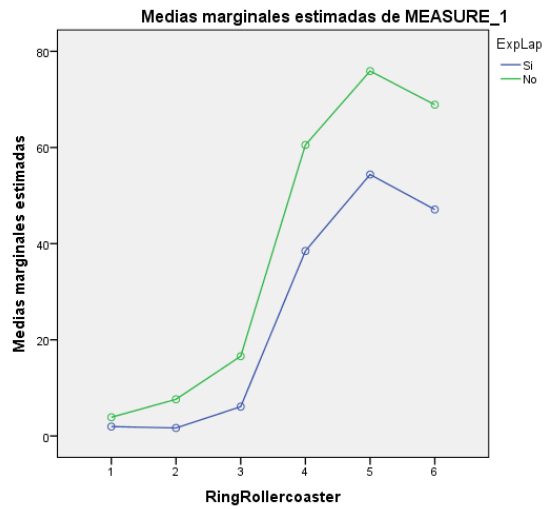
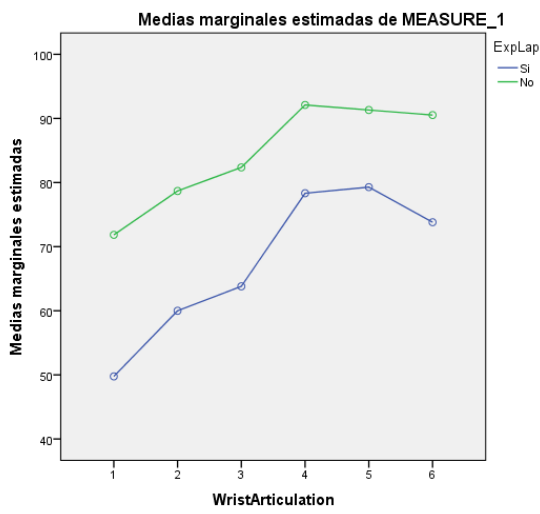
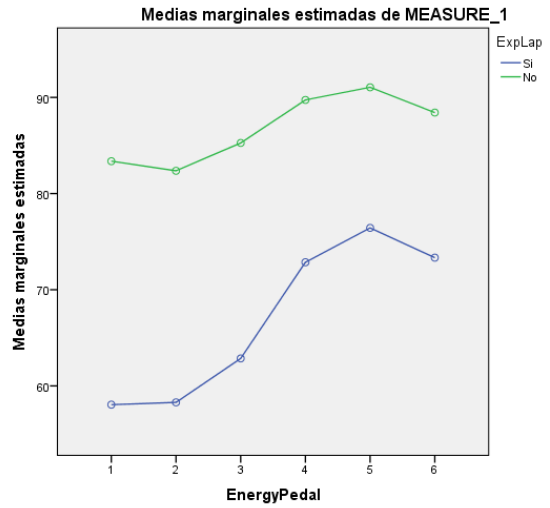
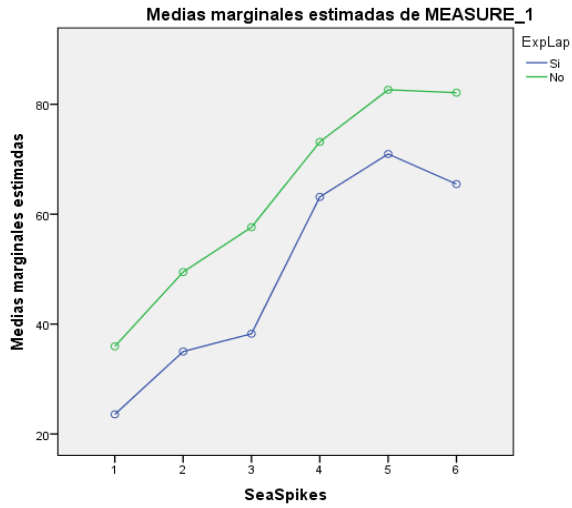


Figura 8. Análisis de curvas de aprendizaje por experiencia laparoscópica avanzada.



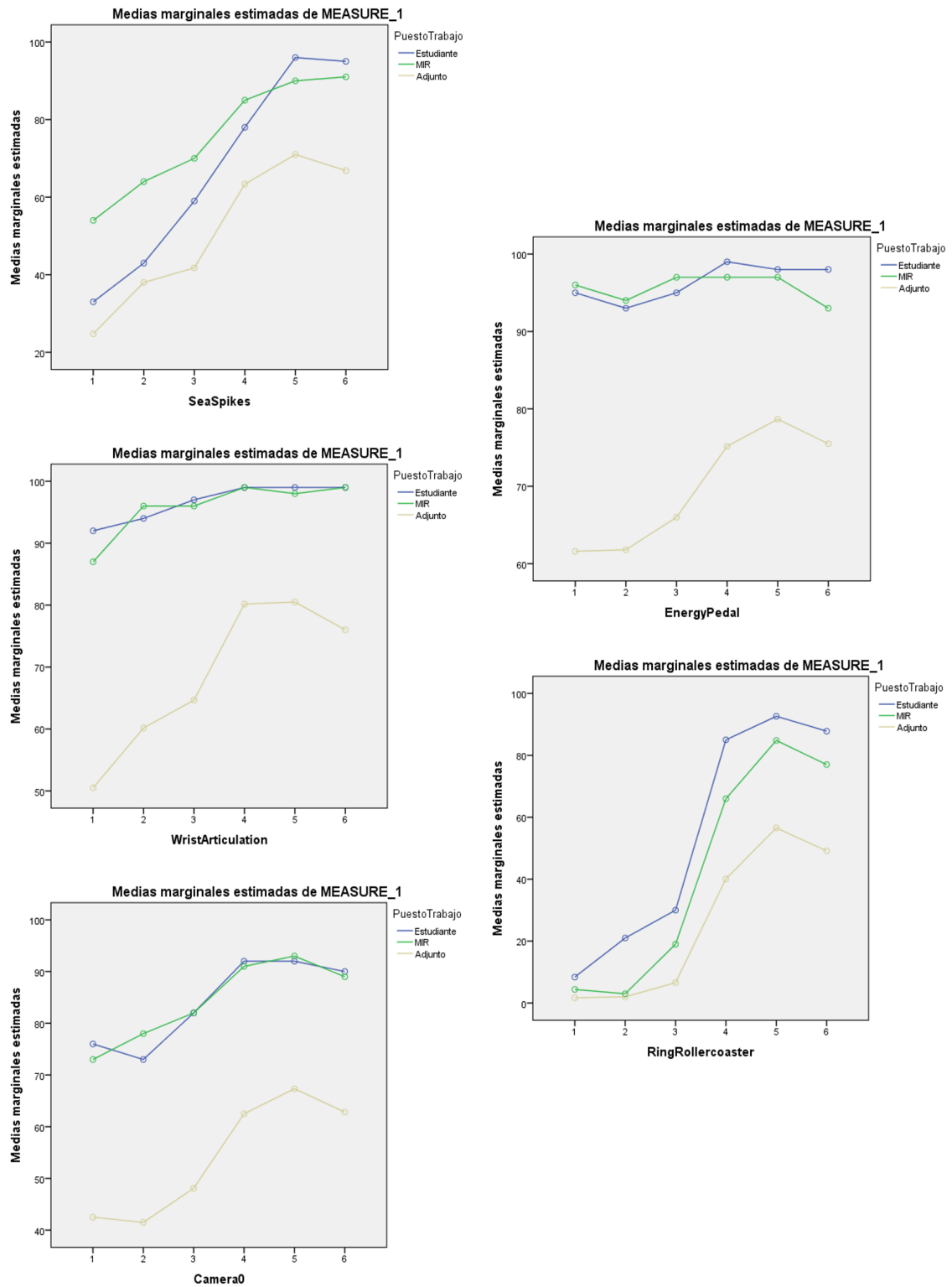


Figura 9. Análisis de curvas de aprendizaje por puesto de trabajo.



## 8.2 TABLAS

Tabla 1. Variables demográficas y características de la muestra

Variable		Resultado (n=40)
Género	Masculino (n, %)	20 (50%)
	Femenino (n, %)	20 (50%)
Edad (media; DE)		40,70 años $\pm$ 12,67
Género	Masculino (n, %)	18 (20%)
Formación Lap Avanzada	Si (n, %)	21 (52,5%)
	No (n, %)	19 (47,5%)
Puesto de trabajo	Estudiante (n, %)	5 (12,5%)
	MIR (n, %)	5 (12,5%)
	Adjunto (n, %)	30 (75%)
Experiencia en videojuegos	Si (n, %)	15 (37,5%)
	No (n, %)	25 (62,5%)

Tabla 2. Destrezas iniciales en los grupos de edad

	> 40 años	N	Media $\pm$ DE	p
Sea Spikes (Media $\pm$ DE)	Si	20	20,9 $\pm$ 12,62	0,001
	No	20	38 $\pm$ 17,93	
Wrist Articulation	Si	20	41 $\pm$ 19,50	<0,001
	No	20	79,5 $\pm$ 16,61	
Camera 0	Si	20	31,6 $\pm$ 18,11	<0,001
	No	20	69,4 $\pm$ 14,39	
Energy Pedal	Si	20	52,7 $\pm$ 21,67	<0,001
	No	20	87,45 $\pm$ 12,67	
Ring Rollercoaster	Si	20	1 $\pm$ 3,07	0,068
	No	20	4,75 $\pm$ 8,23	

Tabla 3. Curva de aprendizaje por grupos de edad

Ejercicio	> 40 años	PreTest	Intento1	Intento2	Intento3	Intento4	PostTest	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	20,90 ± 12,64	32,23 ± 21,48	33,65 ± 21,81	61,00 ± 20,55	66,25 ± 19,52	60,00 ± 19,26	<0,001
	No	38,00 ± 17,93	51,50 ± 22,94	61,25 ± 27,52	74,80 ± 20,61	86,75 ± 14,16	86,75 ± 14,26	
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	41,00 ± 19,50	53,75 ± 25,17	56,00 ± 22,74	72,25 ± 17,65	74,00 ± 16,43	67,00 ± 18,02	< 0,001
	No	79,50 ± 16,61	84,00 ± 17,36	89,25 ± 11,03	97,50 ± 3,80	96,00 ± 5,02	96,50 ± 4,61	
Camera 0 (media ± DE)	Sí	31,60 ± 18,11	30,25 ± 22,03	37,40 ± 21,93	54,75 ± 18,31	60,25 ± 17,50	55,75 ± 17,93	0,001
	No	69,40 ± 14,39	69,75 ± 16,26	75,75 ± 15,49	84,75 ± 12,29	87,00 ± 10,31	83,25 ± 11,27	
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	52,70 ± 21,67	54,25 ± 18,44	59,00 ± 17,36	69,25 ± 12,48	72,75 ± 11,97	69,50 ± 12,12	0,011
	No	87,45 ± 12,67	85,20 ± 13,96	88,00 ± 13,01	92,50 ± 9,93	94,00 ± 7,53	91,50 ± 8,75	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	1,00 ± 3,07	1,00 ± 3,07	3,50 ± 6,70	32,00 ± 24,19	46,15 ± 23,10	40,00 ± 21,02	< 0,001
	No	4,75 ± 8,23	8,00 ± 12,39	18,65 ± 14,65	65,90 ± 18,29	83,05 ± 12,42	74,90 ± 15,89	

Tabla 4. Mantenimiento de habilidades en los diferentes grupos de edad

Ejercicio	> 40 años	Intento 4	Post-Test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	66,25 ± 19,52	60,00 ± 19,26	< 0,001
	No	86,75 ± 14,16	86,75 ± 14,26	1,000
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	74,00 ± 16,43	67,00 ± 18,02	< 0,001
	No	96,00 ± 5,02	96,50 ± 4,61	0,541
Camera 0 (media ± DE)	Sí	60,25 ± 17,50	55,75 ± 17,93	<0,001
	No	87,00 ± 10,31	83,25 ± 11,27	0,001
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	72,75 ± 11,97	69,50 ± 12,12	0,019
	No	94,00 ± 7,53	91,50 ± 8,75	0,004
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	46,15 ± 23,10	40,00 ± 21,02	0,002
	No	83,05 ± 12,42	74,90 ± 15,89	< 0,001

Tabla 5. Destrezas iniciales por género

Ejercicio	Género	N	Media ± DE	p
Sea Spikes (Media ± DE)	Masculino	20	28,10 ± 19,09	0,569
	Femenino	20	30,80 ± 16,32	
Wrist Articulation	Masculino	20	60,50 ± 28,46	0,663
	Femenino	20	60,00 ± 25,02	
Camera 0	Masculino	20	49,05 ± 25,63	0,821
	Femenino	20	51,95 ± 25,01	
Energy Pedal	Masculino	20	67,30 ± 26,19	0,806
	Femenino	20	72,85 ± 23,74	
Ring Rollercoaster	Masculino	20	2,30 ± 5,89	0,375
	Masculino	20	3,45 ± 7,01	

Tabla 6. Curva de aprendizaje por grupos género

Ejercicio		PreTest	Intento1	Intento2	Intento3	Intento4	PostTest	p
Sea Spikes (media ± DE)	M	28,10 ±	38,75 ±	46,65 ±	68,05 ±	75,75 ±	72,50 ±	0,842
	F	19,09	23,33	28,62	23,71	20,72	23,25	
Wrist Articulation (media ± DE)	M	30,80 ±	45,00 ±	48,25 ±	67,75 ±	77,25 ±	74,25 ±	0,426
	F	16,32	24,86	28,52	19,63	19,29	20,21	
Camera 0 (media ± DE)	M	60,50 ±	65,50 ±	71,00 ±	84,00 ±	82,75 ±	80,00 ±	0,671
	F	28,46	27,33	24,25	18,96	17,65	22,00	
Energy Pedals (media ± DE)	M	60,00 ±	72,25 ±	74,25 ±	85,75 ±	87,25 ±	83,50 ±	0,805
	F	25,02	25,41	25,04	17,34	15,08	17,70	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	M	49,05 ±	46,00 ±	53,90 ±	68,00 ±	72,75 ±	68,50 ±	0,502
	F	25,63	27,27	27,58	21,54	20,80	20,65	
Energy Pedals (media ± DE)	M	51,95 ±	54,00 ±	59,25 ±	71,50 ±	74,50 ±	70,50 ±	0,805
	F	25,01	28,17	26,81	22,13	18,84	20,44	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	M	2,30 ±	4,75 ±	9,65 ±	50,15 ±	65,75 ±	57,20 ±	0,502
	F	3,45 ±	4,25 ±	12,50 ±	47,75 ±	63,45 ±	57,70 ±	
		7,01	10,91	13,42	28,90	27,13	25,48	

Tabla 7. Mantenimiento de habilidades por género

Ejercicio	Género	Intento 4	Post-Test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Masculino	75,75 ± 20,72	72,50 ± 23,25	0,079
	Femenino	77,25 ± 19,29	74,25 ± 20,21	0,042
Wrist Articulation (media ± DE)	Masculino	82,75 ± 17,65	80,00 ± 22,00	0,134
	Femenino	87,25 ± 15,08	83,50 ± 17,70	0,004
Camera 0 (media ± DE)	Masculino	72,75 ± 20,80	68,50 ± 20,65	0,001
	Femenino	74,50 ± 18,84	70,50 ± 20,44	< 0,001
Energy Pedals (media ± DE)	Masculino	82,50 ± 14,91	80,00 ± 16,22	0,014
	Femenino	84,25 ± 14,62	81,00 ± 14,65	0,012
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Masculino	65,75 ± 25,80	57,20 ± 26,19	< 0,001
	Femenino	63,45 ± 27,13	57,70 ± 25,48	0,004

Tabla 8. Destrezas iniciales por experiencia en videojuegos

Ejercicio	Exp Previa	N	Media ± DE	p
Sea Spikes (Media ± DE)	Sí	15	46,47 ± 13,40	<0,001
	No	25	19,24 ± 10,40	
Wrist Articulation	Sí	15	85,33 ± 12,02	<0,001
	No	25	45,20 ± 20,58	
Camera 0	Sí	15	69,67 ± 16,63	<0,001
	No	25	39,00 ± 22,14	
Energy Pedal	Sí	15	93,33 ± 7,48	<0,001
	No	25	56,12 ± 20,70	
Ring Rollercoaster	Sí	15	7,67 ± 8,69	0,004
	No	25	0,00 ± 0,00	

Tabla 9. Curva de aprendizaje por experiencia en videojuegos

Ejercicio	Exp	PreTest	Intento1	Intento2	Intento3	Intento4	PostTest	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	46,47 ± 13,41	63,67 ± 19,22	74,33 ± 20,25	89,33 ± 10,32	95,00 ± 6,26	93,67 ± 5,81	0,009
	No	19,24 ± 10,40	28,80 ± 15,69	31,32 ± 18,21	55,04 ± 15,12	65,40 ± 16,45	61,20 ± 17,92	
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	85,33 ± 12,02	93,00 ± 7,97	93,67 ± 6,93	98,67 ± 2,96	98,33 ± 3,08	97,33 ± 3,20	<0,001
	No	45,20 ± 20,58	54,40 ± 22,42	60,00 ± 22,26	76,60 ± 18,12	77,00 ± 15,87	72,40 ± 19,69	
Camera 0 (media ± DE)	Sí	69,67 ± 16,63	77,00 ± 11,30	84,00 ± 9,10	91,00 ± 8,70	93,00 ± 7,02	89,67 ± 6,67	<0,001
	No	39,00 ± 22,14	33,80 ± 20,98	40,12 ± 19,57	57,00 ± 16,26	62,00 ± 14,86	57,40 ± 15,41	
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	93,33 ± 7,48	93,67 ± 5,49	95,33 ± 5,49	97,33 ± 4,16	98,33 ± 3,08	96,00 ± 5,07	<0,001
	No	56,12 ± 20,70	55,36 ± 15,23	60,40 ± 15,13	71,00 ± 12,07	74,40 ± 10,83	71,20 ± 11,11	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	7,67 ± 8,69	10,33 ± 13,29	23,87 ± 12,44	72,00 ± 13,60	85,73 ± 11,34	77,93 ± 16,02	0,001
	No	0,00 ± 0,00	1,00 ± 3,53	3,40 ± 6,88	35,12 ± 23,83	51,92 ± 24,30	45,16 ± 22,09	



Tabla 10. Mantenimiento de habilidades por experiencia en videojuegos

Ejercicio	Exp Videojuegos	Intento 4	Post-Test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	95,00 ± 6,26	93,67 ± 5,81	0,469
	No	65,40 ± 16,45	61,20 ± 17,92	0,005
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	98,33 ± 3,08	97,33 ± 3,20	0,082
	No	77,00 ± 15,87	72,40 ± 19,69	0,008
Camera 0 (media ± DE)	Sí	93,00 ± 7,02	89,67 ± 6,67	0,007
	No	62,00 ± 14,86	57,40 ± 15,41	< 0,001
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	98,33 ± 3,08	96,00 ± 5,07	0,048
	No	74,40 ± 10,83	71,20 ± 11,11	0,004
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	85,73 ± 11,34	77,93 ± 16,02	0,001
	No	51,92 ± 24,30	45,16 ± 22,09	<0,001

Tabla 11. Destrezas iniciales por formación en laparoscopia avanzada

Ejercicio	Formación	N	Media ± DE	p
Sea Spikes (Media ± DE)	Sí	21	23,57 ± 13,40	0,024
	No	19	35,95 ± 19,64	
Wrist Articulation	Sí	21	49,76 ± 22,49	0,007
	No	19	71,84 ± 26,15	
Camera 0	Sí	21	38,90 ± 23,71	0,001
	No	19	63,32 ± 20,09	
Energy Pedal	Sí	21	58,05 ± 20,79	0,001
	No	19	83,37 ± 22,37	
Ring Rollercoaster	Sí	21	1,95 ± 5,29	0,346
	No	19	3,89 ± 7,49	

Tabla 12. Curva de aprendizaje por formación en laparoscopia avanzada

Ejercicio	Exp	PreTest	Intento1	Intento2	Intento3	Intento4	PostTest	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	23,57 ± 13,40	35,00 ± 20,43	38,24 ± 22,17	63,14 ± 19,74	70,95 ± 18,94	65,48 ± 18,70	0,268
	No	35,95 ± 19,64	49,47 ± 25,86	57,63 ± 31,15	73,16 ± 22,62	82,63 ± 19,32	82,11 ± 21,49	
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	49,76 ± 22,49	60,00 ± 23,18	63,81 ± 22,46	78,33 ± 17,41	79,29 ± 13,90	73,81 ± 17,88	0,165
	No	71,84 ± 26,15	78,68 ± 26,55	82,37 ± 23,17	92,11 ± 16,01	91,32 ± 16,90	90,53 ± 18,40	
Camera 0 (media ± DE)	Sí	38,90 ± 23,71	36,90 ± 25,12	44,19 ± 24,39	59,76 ± 18,93	65,24 ± 17,78	60,00 ± 19,10	0,065
	No	63,32 ± 20,09	64,47 ± 23,14	70,26 ± 23,24	80,79 ± 19,24	82,89 ± 17,58	80,00 ± 16,33	
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	58,05 ± 20,79	58,29 ± 18,76	62,86 ± 16,99	72,86 ± 13,28	76,43 ± 12,36	73,33 ± 13,72	0,067
	No	83,37 ± 22,37	82,37 ± 19,60	85,26 ± 19,11	89,74 ± 14,67	91,05 ± 13,18	88,42 ± 13,02	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	1,95 ± 5,29	1,67 ± 4,28	6,10 ± 10,08	38,48 ± 25,71	54,38 ± 23,86	47,10 ± 22,55	0,117
	No	3,89 ± 7,49	7,63 ± 12,62	16,58 ± 15,09	60,53 ± 24,60	75,89 ± 24,37	68,89 ± 24,11	

Tabla 13. Mantenimiento de habilidades por formación en laparoscopia

Ejercicio	Exp Laparoscopia	Intento 4	Post-Test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Sí	70,95 ± 18,94	65,48 ± 18,70	0,001
	No	82,63 ± 19,32	82,11 ± 21,49	0,742
Wrist Articulation (media ± DE)	Sí	79,29 ± 13,90	73,81 ± 17,88	0,003
	No	91,32 ± 16,90	90,53 ± 18,40	0,420
Camera 0 (media ± DE)	Sí	65,24 ± 17,78	60,00 ± 19,10	< 0,001
	No	82,89 ± 17,58	80,00 ± 16,33	0,007
Energy Pedals (media ± DE)	Sí	76,43 ± 12,36	73,33 ± 13,72	0,012
	No	91,05 ± 13,18	88,42 ± 13,02	0,014
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Sí	54,38 ± 23,86	47,10 ± 22,55	< 0,001
	No	75,89 ± 24,37	68,89 ± 24,11	<0,001

Tabla 14. Destrezas iniciales por puesto de trabajo

Ejercicio	Puesto de trabajo	N	Media ± DE	p
Sea Spikes (media ± DE)	Estudiante	5	33,00 ± 15,31	Estudiante-MIR = 0,099 MIR-Adjunto = 0,001 Adjunto-Estudiante = 0,79
	MIR	5	54,00 ± 16,73	
	Adjunto	30	24,77 ± 14,70	
Wrist Articulation (media ± DE)	Estudiante	5	92,00 ± 8,36	Estudiante-MIR = 1,000 MIR-Adjunto = 0,002 Adjunto-Estudiante = 0,001
	MIR	5	87,00 ± 9,74	
	Adjunto	30	50,50 ± 22,87	
Camera 0 (media ± DE)	Estudiante	5	76,00 ± 15,16	Estudiante-MIR. = 1,000 MIR-Adjunto = 0,016 Adjunto-Estudiante = 0,007
	MIR	5	73,00 ± 6,70	
	Adjunto	30	42,50 ± 23,23	
Energy Pedals (media ± DE)	Estudiante	5	95,00 ± 5,00	Estudiante-MIR = 1,000 MIR-Adjunto = 0,004 Adjunto-Estudiante = 0,005
	MIR	5	96,00 ± 6,51	
	Adjunto	30	61,60 ± 22,86	
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Estudiante	5	8,40 ± 12,26	Estudiante-MIR = 0,933 MIR-Adjunto = 1,000 Adjunto-Estudiante = 0,091
	MIR	5	4,40 ± 6,06	
	Adjunto	30	1,70 ± 4,75	

Tabla 15. Curva de aprendizaje por puesto de trabajo

Ejercicio	Puesto	Pre-Test	Intento1	Intento2	Intento3	Intento4	Post-Test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Est	33,00±	43,00±	59,00±	78,00 ±	96,00 ±	95,00±	Est-MIR
		15,31	16,80	25,59	19,23	5,47	5,00	1,000
	MIR	54,00±	64,00±	70,00±	85,00±	90,00 ±	91,00±	MIR-Ad
		16,73	21,90	29,15	16,58	7,90	2,23	0,027
	Adjunto	24,77±	38,00 ±	41,77 ±	63,37 ±	71,00 ±	66,83±	Ad-Est
		14,70	23,87	26,81	21,04	19,62	20,98	0,228
Wrist	Est	92,00±	94,00 ±	97,00 ±	99,00 ±	99,00 ±	99,00	Est-MIR
Articulation (media ± DE)		8,36	5,47	4,47	2,23	2,23	± 2,23	1,000
	MIR	87,00±	96,00 ±	96,00 ±	99,00 ±	98,00 ±	99,00±	MIR-Ad
		9,74	5,47	5,47	2,23	4,47	2,23	0,008
	Adjunto	50,50±	60,17 ±	64,47 ±	80,17 ±	80,50 ±	76,00±	Ad-Est
		22,87	24,61	23,04	18,45	16,52	19,71	0,006
Camera 0	Est	76,00±	73,00 ±	82,00 ±	92,00 ±	92,00 ±	90,00±	Est-MIR
(media ± DE)		15,16	12,04	10,95	8,36	8,36	18,32	1,000
	MIR	73,00±	78,00 ±	82,00 ±	91,00 ±	93,00 ±	89,00±	MIR-Ad
		6,70	13,03	8,36	7,41	7,58	5,47	0,007
	Adjunto	42,50±	41,50 ±	48,10 ±	62,50 ±	67,33 ±	62,83±	Ad-Est
		23,23	26,16	25,61	19,85	18,32	18,96	0,008
Energy	Est	95,00±	93,00 ±	95,00 ±	99,00 ±	98,00 ±	98,00±	Est-MIR
Pedals (media ± DE)		5,00	8,36	5,00	2,23	4,47	4,47	1,000
	MIR	96,00±	94,00 ±	97,00 ±	97,00 ±	97,00 ±	93,00±	MIR-Ad
		6,51	8,21	4,47	4,47	4,47	7,58	0,003
	Adjunto	61,60±	61,80 ±	66,00 ±	75,17 ±	78,67 ±	75,50±	Ad-Est
		22,86	20,05	18,95	14,65	13,76	14,04	0,002
Ring	Est	8,40 ±	21,00 ±	30,00 ±	85,00 ±	92,60 ±	87,80±	Est-MIR
Rollercoaster (media ± DE)		12,26	15,16	10,60	7,07	6,18	10,68	0,490
	MIR	4,40 ±	3,00 ±	19,00 ±	66,00 ±	84,80 ±	77,00±	MIR-Ad
		6,06	6,70	10,84	10,84	9,62	10,95	0,041
	Adjunto	1,70 ±	2,00 ±	6,60 ±	40,10 ±	56,57 ±	49,13±	Ad-Est
		4,75	5,66	11,15	24,91	25,10	23,38	<0,001

Tabla 16. Mantenimiento de habilidades por puesto de trabajo

Ejercicio	Puesto de trabajo	Intento 4	Post-test	p
Sea Spikes (media ± DE)	Estudiante	96,00 ± 5,47	95,00 ± 5,00	0,778
	MIR	90,00 ± 7,90	91,00 ± 2,23	0,749
	Adjunto	71,00 ± 19,62	66,83 ± 20,98	0,002
Wrist Articulation (media ± DE)	Estudiante	99,00 ± 2,23	99,00 ± 2,23	1,000
	MIR	98,00 ± 4,47	99,00 ± 2,23	0,704
	Adjunto	80,50 ± 16,52	76,00 ± 19,71	0,001
Camera 0 (media ± DE)	Estudiante	92,00 ± 8,36	90,00 ± 18,32	0,374
	MIR	93,00 ± 7,58	89,00 ± 5,47	0,016
	Adjunto	67,33 ± 18,32	62,83 ± 18,96	< 0,001
Energy Pedals (media ± DE)	Estudiante	98,00 ± 4,47	98,00 ± 4,47	1,000
	MIR	97,00 ± 4,47	93,00 ± 7,58	0,099
	Adjunto	78,67 ± 13,76	75,50 ± 14,04	0,002
Ring Rollercoaster (media ± DE)	Estudiante	92,60 ± 6,18	87,80 ± 10,68	0,195
	MIR	84,80 ± 9,62	77,00 ± 10,95	0,036
	Adjunto	56,57 ± 25,10	49,13 ± 23,38	< 0,001

