




Aprendizaje de las habilidades psicomotoras en simulación clínica: Metodología docente y resultados preliminares.


Learning psychomotor skills in clinical simulation: Teaching methodology and preliminary results

Constantino Tormo Calandín ^a, José Luis Ruiz López ^b, Jorge Casaña Mohedo ^c, Carmen Casal Angulo ^d, Gracia Adánez Martínez ^e, Pedro García Bermejo ^f, Juan Antonio Sinisterra Aquilino ^g, Vicente Prats Martínez ^h y Alejandro Martínez Gimeno ⁱ.

^a Universidad Católica de Valencia, Constantino.tormo@ucv.es, 


^b Universidad Católica de Valencia, Jl.ruiz@ucv.es, 

^c Universidad Católica de Valencia, jorge.casana@ucv.es, 


^d Universidad de Valencia, m.carmen.casal@uv.es, 

^e Universidad de Murcia, graciamedicina@gmail.com, 

^f Universidad Europea de Valencia, Pedro.garcia@universidadeuropea.es, 

^g Universidad Católica de Valencia, Ja.sinisterra@ucv.es, 

^h Universidad Católica de Valencia, vicente.prats@ucv.es, 

ⁱ Universidad Católica de Valencia, Alejandro.martinez@ucv.es, 

How to cite: Constantino Tormo Calandín, José Luis Ruiz López, Jorge Casaña Mohedo, Carmen Casal Angulo, Gracia Adánez Martínez, Pedro García Bermejo, Juan Antonio Sinisterra Aquilino, Vicente Prats Martínez y Alejandro Martínez Gimeno. 2023. Aprendizaje de las habilidades psicomotoras en simulación clínica: Metodología docente y resultados preliminares. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16561>

Abstract

1. Introduction:

Clinical simulation faithfully reproduces real experiences and allows the acquisition of different competencies in medical-health training, of which almost half correspond to psychomotor skills, which are mediated by the mirror neuron system.

2. Objective:

Provide knowledge for the acquisition of psychomotor skills, through teaching-learning with clinical simulation, taking into account dual: verbal and visual cognitive learning.

3. Developing:

Groups of medical students were given a different teaching message (textual, verbal, static and dynamic visual), to acquire psychomotor skills in a clinical simulation scenario, practicing them on a mannequin and evaluating their performance through a verification form. "ad hoc".

4. Results:

A total of 102 first-year medical students participated voluntarily, randomly assigned to a different group: 0 (without message, control group), T (text), A (audio), I (static image), V (video). The scores obtained by each group did not show significant differences between group T and A, but between them and groups I and V.

5. Conclusions:

The acquisition of psychomotor skills through clinical simulation differs with the didactic messages, the dynamic visual being more effective, followed in decreasing order by the static image, text and audio messages.

Keywords: *Neuroscience, neuroeducation, neurosimulation, mirror neurons, clinical simulation, motor skills.*

Resumen

1. Introducción:

La simulación clínica reproduce experiencias reales de una manera fidedigna y permite adquirir distintas competencias en la formación médico-sanitaria, de las que casi la mitad se corresponden con habilidades psicomotoras, que están mediadas por el sistema de neuronas espejo.

2. Objetivo:

Aportar conocimiento para la adquisición de habilidades psicomotoras, mediante la enseñanza-aprendizaje con simulación clínica, teniendo en cuenta el aprendizaje cognitivo dual: verbal y visual.

3. Desarrollo:

A grupos de alumnos de medicina se les suministró un mensaje docente diferente (textual, verbal, visual estático y dinámico), para adquirir habilidades psicomotoras en un escenario de simulación clínica, practicándolas sobre un maniquí y evaluando su desempeño mediante un formulario de verificación "ad hoc".

4. Resultados:

Participaron de forma voluntaria un total de 102 alumnos de primer curso de medicina, que aleatoriamente se asignaron a un grupo distinto: 0 (sin mensaje, grupo control), T (texto) A (audio), I (imagen estática), V (vídeo). Las puntuaciones obtenidas por cada grupo no mostraron diferencias significativas entre el grupo T y A y si entre estos y los grupos I y V.

5. Conclusiones:

La adquisición de habilidades psico-motoras mediante simulación clínica, difiere con los mensajes didácticos, siendo más efectivo el visual dinámico, siguiendo en orden decreciente los de imagen estática, texto y audio.

Palabras clave: *Neurociencia, neuroeducación, neurosimulación, neuronas espejo, simulación clínica, habilidades motoras.*

Introducción

La simulación clínica constituye un método de enseñanza que sustituye o amplía experiencias reales por experiencias controladas, que recuerdan o reproducen elementos sustanciales del mundo real de una manera fidedigna e interactiva (Gaba, 2007).

La neuroeducación, trata de aplicar los conocimientos de la neurociencia sobre el funcionamiento y aprendizaje del cerebro en la docencia, a partir de la interacción entre tres áreas del conocimiento: la Pedagogía, la Psicología y la Neurociencia (Campos, 2010; Carballo Márquez, 2019).

La neuroeducación aplicada a la simulación clínica puede dar lugar a otra disciplina, la neurosimulación, al darle fundamento científico y neurobiológico (Tormo-Calandín, 2023).

Aprendizaje multimedia

La palabra y las imágenes son los medios que el docente emplea para comunicar información científica a los estudiantes, y aunque hay una tradición hacia formas de instrucción verbal, también hay una evidencia creciente de que las ilustraciones en el texto ayudan a los lectores a construir sus propios modelos mentales, al favorecer la comprensión del escrito (Mayer, 1990; Mayer, 2002; Michas, 2000; Van Genuchten, 2014).

1). Teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. Esta teoría se basa en tres principios para el procesamiento de la información que reciben los estudiantes:

-El procesamiento es dual, de manera que la información accede al estudiante y la procesa a través de dos canales, el auditivo-verbal, que incluye la información escrita, y el canal visual-pictórico, que incluye la animación.

-El procesamiento tiene una capacidad limitada, de manera que la información, que se procesa en la memoria de trabajo, sólo es capaz de retener unas pocas palabras en el canal verbal (cinco a siete fragmentos) y unas pocas imágenes en el canal visual, y además esta retención se produce en un tiempo limitado, que no excede de 15 a 20 segundos.

-El procesamiento tiene que ser activo por parte del estudiante, de manera que éste seleccione el material relevante presentado y lo transfiera a su memoria de trabajo, organice la información en una estructura cognitiva coherente, e integre esos conocimientos recién adquiridos con otros previos, activados desde la memoria a largo plazo.

Por todo ello el diseño del mensaje instructivo debe presentar el material con una estructura cognitiva coherente y orientar al alumno sobre cómo construir su propio conocimiento (Höffler, 2007; Mayer, 2014).

2). Teoría de la carga cognitiva. Esta teoría sostiene que, debido a la forma en que está organizada la arquitectura cognitiva humana, aprender observando e imitando lo que otros individuos hacen, dicen o escriben es una forma más eficaz de adquirir conocimiento que intentar idear este conocimiento por ellos mismos; es decir aprender de expertos que modelan ejemplos en vivo, en video o estudiando un relato escrito es muy eficaz para adquirir habilidades motoras y cognitivas. Este aprendizaje observacional, mediante el cual un individuo (modelo) demuestra acciones motoras, que son observadas e imitadas por otro individuo (observador), puede emplear representaciones en vivo, grabadas, descritas en diferentes formas (texto, audio) o incluso imaginadas; todas estas acciones se relacionan con la activación de las neuronas espejo (Castro-Alonso, 2014). Esta teoría identifica tres categorías de la carga cognitiva:

-Carga cognitiva externa. Es la carga impuesta por los procedimientos de enseñanza, que está bajo el control del diseñador instruccional, de manera que un buen diseño reduce la carga superflua e induce una mayor carga relevante para aprender y comprender. Por el contrario, si el diseño es pobre el alumno utiliza muchos recursos de la memoria de trabajo para resolver problemas, desviándose de la adquisición de esquemas mentales. Cualquier reducción en la carga cognitiva externa libera capacidad de la memoria de trabajo, permitiendo un aumento en la carga cognitiva pertinente o relevante.

-Carga cognitiva intrínseca. Es la carga "natural" causada por la complejidad de los materiales que se van a aprender; son los elementos de información que interactúan y que el alumno debe procesar simultáneamente para comprender y aprender el nuevo material. Si la interactividad de los elementos es alta, el aprendizaje se vuelve difícil al requerir más recursos de memoria de trabajo, produciéndose lo contrario si la interactividad es baja.

-Carga cognitiva pertinente o relevante. Es la carga directamente invertida en la adquisición del aprendizaje, con la ayuda de una instrucción bien diseñada. Una combinación de carga externa y/o intrínseca elevadas da lugar a un aprendizaje reducido, ya que quedan pocos recursos de la memoria de trabajo para participar en el aprendizaje (Ayres, 2007; Ayres, 2009; Van Gog, 2009; Wong, 2009).

Fundamento neurobiológico del aprendizaje

Según los estudios neurocientíficos, todas las experiencias y todos los conocimientos acceden al cerebro a través de los cinco sentidos, esta información que constituye la memoria sensorial es temporalmente muy breve (200-300 milisegundos), accede al cerebro a través de la médula espinal y del tronco encefálico, recibe un primer filtro (sensitivo) en las neuronas del Sistema Reticular Ascendente, en donde de los millones de mensajes que se reciben cada segundo, se seleccionan de forma automática sólo unos miles. Tras esta primera selección la información pasa un segundo filtro (afectivo) en el sistema límbico (principalmente en las amígdalas), donde se le imprime un valor (bueno o malo), y se transforma en relato personal. De aquí se transfiere al tálamo (estación de relevo), donde se procesa la información de todos los sentidos, excepto la olfatoria, descartando la información irrelevante, que no llega a hacerse consciente al no alcanzar la corteza cerebral, y dirigiendo la relevante al lóbulo correspondiente del cerebro pensante; cada lóbulo tiene su propia memoria, así la estimulación visual se envía al lóbulo occipital, la auditiva al lóbulo temporal, la kinestésica al lóbulo parietal etc. (filtro cerebral); esta información codificada en patrones o engramas la toma la memoria de trabajo, que es operativa en línea a corto plazo, ya que pasados unos 15-20 segundos la nueva información debe ser actualizada, contextualizándola, dándole sentido e integrándola con el conocimiento almacenado previamente. La corteza cerebral transfiere la información elaborada al hipocampo, que actúa como directorio de recuerdos repartidos por la corteza y sistema límbico, actuando como un nodo que permite activar los recuerdos distribuidos por todo el encéfalo, y que constituyen la memoria a largo plazo (De Podestá, 2014; Bueno i Torrens, 2019; Mora, 2022).

Los circuitos neurales que sustentan la memoria de trabajo se encuentran en la corteza prefrontal, en la que se integran distintas funciones ejecutivas, como el análisis, la organización, el razonamiento, el juicio, la creatividad, la toma de decisiones etc. Esta memoria se enriquece con los recuerdos almacenados por todo el encéfalo, son recuperados por el hipocampo, que actúa como un nodo o directorio, permitiendo su activación tanto si se pretende recuperarlos a voluntad, como usarlos de forma inconsciente cuando se realizan actividades de forma rutinaria. La memoria de trabajo se consolida con la repetición, la evocación y el ensayo de los conocimientos y procesos, reforzando las redes sinápticas que los sustentan, y dando lugar a la memoria a largo plazo, que incluye tanto a la memoria explícita o declarativa, que se

activa cuando para realizar una tarea se necesita recordar una experiencia previa de forma consciente, como a la memoria implícita o no declarativa, que se activa cuando el aprendizaje se adquiere y realiza de forma automática y preconsciente, ya que no depende de la voluntad del individuo (Jensen, 2008; De Podestá, 2014; Mora, 2021; Mora, 2022).

Aprendizaje de las habilidades psicomotoras

La adquisición de competencias mediante simulación clínica incluye en gran medida alcanzar objetivos de aprendizaje en el dominio psicomotor; así se destaca en un reciente consenso iberoamericano, resaltando que, de 16 objetivos de aprendizaje en el grado de medicina, alcanzables mediante simulación clínica, un 44 % se corresponden con habilidades psico-motoras (Espinosa-Ramírez, 2022).

Este aprendizaje de habilidades con un alto grado de componente motor es la memoria de cómo se hacen las cosas: conducir un coche sin necesidad de ser consciente de todos los detalles, automatizando los procedimientos (cambiar las marchas, ajustarse al trazado etc.), y así poder liberar las redes neurales que sustentan la conciencia para otras tareas (estar alerta, decidir un itinerario etc.); este aprendizaje se adquiere con la observación y la imitación, proceso en el que se activan las neuronas en espejo. Al inicio, cuando un sujeto aprende un procedimiento nuevo, hay un gran componente explícito, con un alto grado de conciencia, que va disminuyendo a medida que se automatizan las tareas; en este cambio funcional se observa anatómicamente una disminución progresiva de las redes neurales de la corteza cerebral que sustentan estos procesos y un incremento proporcional de las sinapsis en el cerebelo y el cuerpo estriado, formado por distintos núcleos subcorticales situadas en zonas profundas del cerebro, y cuya función se relaciona con el aprendizaje motor, la memoria procedimental, el inicio y regulación de los movimientos voluntarios, la ejecución de los movimientos automáticos etc. (De Podestá, 2014; Bueno i Torrens, 2021).

Habilidades psicomotoras y el sistema de neuronas espejo

Las habilidades psicomotoras están directamente relacionadas con la función de las neuronas en espejo, que están distribuidas por amplias zonas cerebrales, pero sobre todo en el área premotora frontal y en el lóbulo parietal (Blakemore, 2007; De La Barrera, 2009; Béjar, 2014; Camón, 2016; Gopar Rodríguez, 2019).

Diferentes estudios cruentos, realizados en animales de experimentación implantando electrodos en la corteza cerebral, e incruentos realizados en humanos mediante la Resonancia Magnética Funcional, la Estimulación Transcraneal y otros, comprueban que las neuronas en espejo se activan y forman circuitos cerebrales cuando un sujeto realiza una acción, pero también cuando otro sujeto la observa, de manera que estas neuronas son capaces de transformar la información sensorial específica en un formato motor, sin necesidad de una mediación cognitiva intermedia, lo que constituye un aprendizaje preconsciente o implícito, formando todo ello parte de un sistema de percepción-emoción-acción, con un sustrato común de observación y ejecución, a través de un mecanismo que relaciona directamente la representación sensorial de las acciones observadas con la propia representación motora de esas mismas acciones, tal como un mecanismo de espejo o de resonancia. Estudios de imágenes han mostrado que la activación de las neuronas espejo del lóbulo frontal están más relacionada con el objetivo de la acción, mientras que las del área parietal codifican el aspecto motor de la acción (Rizzolatti, 1999; Ferrari, 2003; Buccino, 2004; Rizzolatti, 2007; Fabri-Destro, 2008; Rizzolatti, 2009; Bautista, 2011).

Las neuronas en espejo se activan con mayor intensidad cuando las acciones son percibidas y realizadas por individuos que pertenecen a la misma especie, es decir que el sistema de las neuronas espejo está

biológicamente sintonizado para activarse preferentemente en contextos de interacciones sociales humano-humano (Tai, 2004; Castro, 2014).

Este sistema también se estimula en mayor medida cuando se observan movimientos de brazos humanos en vez de brazos robóticos y al observar movimientos fluidos y naturales en lugar de bruscos o pausados. Todo ello sugiere que las neuronas en espejo se activan preferentemente en situaciones naturales, alineadas con su evolución, lo que implicaría en el diseño instruccional, una preferencia por situaciones humanas y naturales. El diseño instruccional para adquirir habilidades motoras debería beneficiarse de la alta eficiencia de las tareas biológicamente primarias, pero también para facilitar la adquisición del conocimiento secundario (Castro, 2015).

El sistema de neuronas espejo fue descubierto en monos a principios de la década de 1990, comprobándose posteriormente en humanos gracias a técnicas de estimulación magnética transcranial o de imágenes cerebrales (Rizzolatti, 1999; Rizzolatti, 2007; Rizzolatti, 2009). Inicialmente, se pensó que estas neuronas eran una clase de células nerviosas visomotoras que se activan cuando los individuos realizan una acción motora particular y también cuando observan a otros individuos realizando una acción similar; datos más recientes han ampliado esa visión indicando que las neuronas espejo también pueden activarse cuando un individuo escucha acciones relacionadas con habilidades motoras, lee textos e incluso imagina que las está realizando (Michas, 2000; Tai, 2004; Tettamanti, 2005; Cross, 2006; Longcamp, 2006; Castro, 2014; Sánchez, 2016).

La enseñanza de las habilidades psico-motoras en simulación clínica, su aprendizaje según la neurociencia y el sustrato neuro fisiológico que las sustenta se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Sustrato neural para la enseñanza de las habilidades motoras mediante simulación clínica, según la neurociencia (elaboración propia)

Simulación Clínica	Neurociencia	Sustrato neuro fisiológico
Habilidades: -Psicomotoras -Visomotoras -Audio motoras	Aprendizaje por: -Observación, -Imitación -Repetición	-Neuronas en espejo de la corteza premotora frontal y temporal -Centros del lenguaje -Centros de empatía, control emocional y ejecutivo

Objetivos

1. General:

-Comprobar la enseñanza-aprendizaje de las habilidades motoras, por los alumnos y alumnas de ciencias de la salud en un escenario de simulación clínica, empleando distintos mensajes docentes.

2. Específicos:

1). Conocer qué grado de aprendizaje se alcanza de habilidades psicomotoras, por los alumnos y alumnas de ciencias de la salud, en un escenario de simulación clínica, empleando distintos mensajes docentes.

2). Conocer las diferencias de aprendizaje alcanzado de habilidades psicomotoras, por los alumnos y alumnas de ciencias de la salud en un escenario de simulación clínica, entre los distintos mensajes docentes empleados (texto, audio, imagen estática y vídeo).

Desarrollo de la innovación

Se realizó el siguiente estudio para la enseñanza-aprendizaje de habilidades psicomotoras, suministrando distintos mensajes docentes, a los alumnos y alumnas de ciencias de la salud, en un escenario de simulación clínica.

1). Diseño: Estudio de investigación docente, transversal, prospectivo y casi-experimental.

2). Factor de estudio: Mensaje docente, asignando de forma aleatoria, para adquirir la competencia que permita al alumno realizar compresiones torácicas, en la reanimación cardiopulmonar del adulto (RCP), sobre un maniquí en un escenario de simulación clínica (Hospital Virtual de la Universidad Católica de Valencia: UCV).

3). Población: Alumnos y alumnas, de primer curso del grado de medicina de la UCV, que no tengan conocimientos ni habilidades prácticas para realizar las compresiones torácicas en la reanimación cardio pulmonar del adulto, y que formalicen un consentimiento informado; los alumnos se reclutaron consecutivamente por conveniencia.

4). Mensajes docentes elaborados con las últimas recomendaciones teórico-prácticas de las Sociedades Internacionales de Reanimación Cardio Pulmonar (Olasveengen, 2021), que se describen a continuación.

-Sin mensaje: Grupo control

-Mensaje de texto (enseñanza literal): Consiste en la lectura de un texto con una extensión de 137 palabras, que requiere un tiempo aproximado de un minuto.

-Mensaje de audio (enseñanza verbal): Consiste en la audición del mismo texto (grabado), que requiere un tiempo de audición aproximado de un minuto.

-Mensaje visual estático (enseñanza visual): Consiste en la visualización de una hoja din a4 que contiene 4 imágenes, tipo dibujos obtenidos de las publicaciones científicas de las Sociedades Internacionales de RCP, y 25 palabras descriptivas al pie, que requieren un tiempo de visionado aproximado de un minuto.

-Mensaje visual dinámico (enseñanza audiovisual): Consiste en la reproducción del mismo audio con la actuación sincronizada de un personal sanitario sobre un maniquí de RCP de adulto (formato vídeo con imagen y sonido simultáneos), realizando las compresiones torácicas mientras escucha una voz en off del audio grabado, que requiere un tiempo de visionado de un minuto.

Los mensajes de texto, audio y visual estático se construyeron siguiendo los procesos que recomienda la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia: seleccionando las palabras y las imágenes relevantes de los mensajes de texto, audio y visual estático, y organizando las palabras e imágenes seleccionadas en una representación verbal y pictórica coherentes (Mayer, 2014).

La construcción del mensaje visual dinámico (vídeo), se ha realizado con representación humana y gestos fluidos de acuerdo con las recomendaciones de la literatura científica (Castro, 2015).

5). Variables cualitativas dicotómicas: Obtenidas de un formulario de verificación “ad hoc”, construido con las últimas recomendaciones científicas para realizar las compresiones torácicas en la RCP del adulto (Olasveengen, 2021), compuesto por 10 ítems, con resultado binario (Si/No) de cada uno de ellos, que se expresan en la tabla 2.

Tabla 2. Formulario de verificación de las compresiones torácicas en la RCP del adulto (elaboración propia)

Ítems	RESULTADOS PRÁCTICOS DE APRENDIZAJE: El alumno...	SI	NO
01	Se arrodilla al lado de la víctima a la altura de su tórax		
02	Coloca el talón de una mano en el centro del pecho de la víctima (esta es la mitad inferior del esternón)		
03	Coloca el talón de su otra mano sobre la primera mano		
04	Entrelaza los dedos de ambas manos		
05	Mantiene sus brazos rectos		
06	Se coloca verticalmente sobre el pecho de la víctima		
07	Presiona el esternón, desplazando la cara anterior del tórax hasta una profundidad de al menos 5 cm, pero no más de 6 cm		
08	Después de cada compresión, suelta toda la presión sobre el pecho permitiendo que el tórax retroceda completamente a su posición inicial		
09	No pierde el contacto entre las manos y el esternón, pero no se apoya en el pecho		
10	Repite las compresiones a un ritmo de 100 a 120/min.		
PUNTOS			

COMENTARIOS-INCIDENCIAS:

6). Procedimiento: Tras aceptar voluntariamente participar en el estudio, los alumnos y alumnas firmaron un consentimiento informado, y el investigador asignó a cada uno de ellos forma individual y aleatoria, uno sólo de los mensajes docentes (que es el factor de estudio), para que adquiriera la habilidad psicomotora y realice las compresiones torácicas en la reanimación cardio pulmonar sobre un maniquí de RCP adulto, en un escenario de simulación clínica (Hospital Virtual-UCV); tras recibir el mensaje, con un tiempo de lectura, audición o visión de aproximadamente un minuto, se le invitó a que realice la habilidad psicomotora (compresiones torácicas) sobre el maniquí durante un tiempo aproximado de dos minutos.

Durante la realización del procedimiento el docente realiza una evaluación formativa del desempeño del alumno, con el formulario de verificación descrito más arriba, en el escenario de simulación preparado con antelación, en el que están solo ambos, el docente y el estudiante.

Resultados

Sobre una población elegible de 123 alumnos y alumnas de primer curso de medicina de la Universidad Católica de Valencia, se reclutaron 102 (82,9%), al excluir aquellos que tenían conocimientos prácticos previos para realizar las compresiones torácicas, y se asignaron aleatoriamente a un grupo distinto: Sin mensaje (0), con mensaje de texto (T), con mensaje de audio (A), con mensaje de imagen estática (I), y con mensaje de imagen dinámica, vídeo (V).

Con el paquete estadístico fStats-UCV se realizó un análisis descriptivo de la puntuación obtenida en cada uno de los grupos, seleccionados por mensaje recibido y sus estadísticos principales, que se muestra en la tabla 3 y en la figura 1.

Tabla 3. Puntuación media obtenida por cada uno de los grupos y sus estadísticos principales

Mensaje docente	Nº	Media	Varianza	Desviación típica
0: Sin mensaje	13	0,63	0,04	0,20
T: Mensaje de texto	18	0,71	0,02	0,13
A: Mensaje de audio	26	0,71	0,03	0,17
I: Mensaje de imagen	22	0,78	0,03	0,16
V: Mensaje de vídeo	23	0,87	0,01	0,09
Total / Media global	102	0,74		

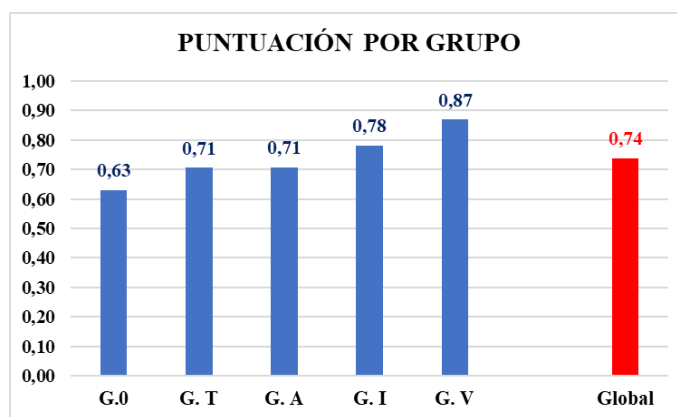


Figura 1. Puntuación media alcanzada por todos los alumnos de cada uno de los grupos: Sin mensaje (G. 0), con mensaje de texto (G. T), con mensaje de audio (G. A), con mensaje de imagen estática (G. I), con mensaje de imagen dinámica, vídeo (G.V) y media global.

En la tabla 4 se muestra el Efecto del tipo de mensaje (factor) sobre la media de puntuación por grupo (variable respuesta), se observa que está por debajo de la media global (0,74) en los siguientes grupos: Sin mensaje (-0,12), con mensaje de texto (-0,04) y con mensaje de audio (-0,04); y está por encima de la media global en los siguientes grupos: con mensaje de imagen estática (0,03), y con mensaje de vídeo (0,12). Se observa que la media del grupo sin mensaje está muy por debajo de la media global, ocurriendo exactamente lo contrario, muy por encima de la media global, en el grupo de vídeo. En las dos últimas columnas se muestra el intervalo de confianza al 95% para las medias de cada grupo.

Tabla 4. Efecto del tipo de mensaje (factor) sobre la puntuación media por grupo (variable respuesta)

Grupos	Efecto	Media	IC al 95%	
			Desde	Hasta
0: Sin mensaje	-0,12	0,63	0,54	0,72
T: Mensaje de texto	-0,04	0,71	0,63	0,78
A: Mensaje de audio	-0,04	0,71	0,65	0,77
I: Mensaje de imagen	0,03	0,78	0,71	0,85
V: Mensaje de vídeo	0,12	0,87	0,80	0,94

El análisis estadístico mediante el test ANOVA no balanceado (al ser grupos de distinto tamaño) de una vía se muestra en la tabla 5, donde se compara la variabilidad debida al Factor (tipo de mensaje), también llamada variabilidad entre grupos, con la variabilidad debida al Error (muestreo), también llamada variabilidad intragrupos, mostrando un valor muy superior del MS Factor al MS Error, con una relación entre ambas (F-ratio) muy elevada, y claramente superior al valor crítico (F-table), por lo que al superar

este valor se rechaza la igualdad de medias (hipótesis nula), obteniendo un p-value significativo de 0,0001.

Tabla 5. análisis estadístico ANOVA no balanceado de una vía

Source	SS	df	MS	F-ratio	F-table	p-value
Factor	0,62	4	0,15	6,5814	2,4655	0,0001
Error	2,28	97	0,02			
Total	2,90	101	0,03			

Este análisis de la varianza rechaza que las cinco medias sean iguales, pero para comprobar dónde están las diferencias se emplean los intervalos LSD (Least Significant Difference: Diferencia mínima significativa) de todos los grupos, que indica dónde están estas diferencias, al verificar si hay solapamiento entre los intervalos. En la figura 2 se comprueba que no hay solapamiento del grupo 0 (sin mensaje), con ningún otro; si lo hay entre los grupos T (mensaje de texto) y A (mensaje de audio), y tampoco hay solapamiento entre estos y los grupos I (mensaje de imagen, visual estático) e V (mensaje de vídeo, visual dinámico).

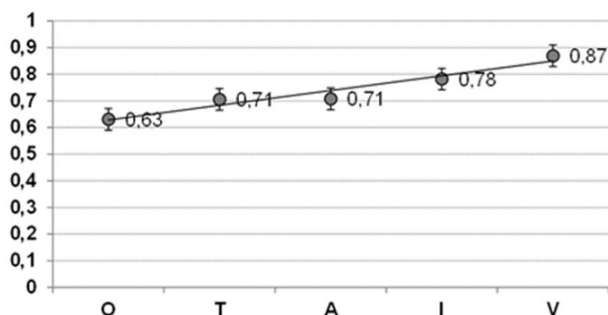


Figura 2. Gráfico de medias con intervalos LSD (Diferencia mínima significativa) de todos los grupos (O: sin mensaje, T: texto, A: audio, I: imagen estática y V: vídeo)

Discusión

Hasta ahora las investigaciones en neuroeducación se han centrado en las etapas iniciales de la formación humana (infantil, primaria y secundaria), alejadas de la formación superior, y prácticamente inexistentes en el campo instruccional de la simulación clínica. Estudios previos comprueban que el aprendizaje sólo con empleo de texto mejora en combinación con imágenes estáticas, aunque se centran en evaluar aprendizajes cognitivos, y no habilidades psicomotoras, (Mayer, 1990; Mayer, 2002).

Este es el primer proyecto de investigación docente para la adquisición de habilidades psicomotoras por alumnos de ciencias de la salud, mediante simulación clínica, empleando distintos mensajes docentes: Lectura de un texto, audición del mismo texto, visión de imágenes descriptivas (visualización estática) y visión de un vídeo (visualización dinámica), proyecto cuya ejecución está actualmente en fase de pilotaje.

Los resultados del estudio piloto revelan una clara superioridad del aprendizaje de las habilidades motoras con el empleo de mensaje con imagen dinámica (vídeo), que muestra una persona realizando la habilidad motora, con una acción fluida, hallazgos que coinciden con las conclusiones de un metaanálisis, en el que se evidencia que las animaciones parecen ser especialmente efectivas para adquirir conocimiento procedimental-motor (Höffler, 2007), pero todo ello sin dejar de tener en cuenta que los mensajes de texto

e imagen estática, y la combinación de ambos también favorecen el aprendizaje (Mayer, 1990; Mayer 2002).

Son necesarios estudios posteriores que incluyan otras poblaciones de alumnos de grados de ciencias de la salud o de otros grados, para corroborar los hallazgos de este estudio piloto.

Conclusiones

1. La elaboración de los diferentes mensajes docentes del presente estudio ha tenido en cuenta la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia.
2. Los resultados del pilotaje inicial han permitido conocer el grado de aprendizaje alcanzado en habilidades psicomotoras, por los alumnos y alumnas, mediante simulación clínica, al recibir estos distintos mensajes docentes.
3. Los resultados del pilotaje inicial han permitido conocer las diferencias de aprendizaje alcanzado en habilidades psicomotoras, entre los participantes, en un escenario de simulación clínica, al recibir estos distintos mensajes docentes.
4. Los resultados del pilotaje inicial muestran una clara superioridad del aprendizaje de las habilidades motoras con el empleo del mensaje animado (vídeo),

Referencias

- Ayres, P. & Paas, F. (2007). Making instructional animations more effective: A cognitive load approach. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 695-700.
- Ayres, P., Marcus, N., Chan, C. et al. (2009). Learning hand manipulative tasks: When instructional animations are superior to equivalent static representations. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 348-53. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.013>
- Bautista, J. & Navarro, J.R. (2011). Neuronas espejo y el aprendizaje en Anestesia. *Revista Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia*, 59(4), 339-51.
- Béjar, M. (2014). Neuroeducación. Padres y Maestros, (355), 49-53. <https://doi.org/10.14422/pym.v0i355.2622>
- Blakemore, S.J. & Frith, U. (2007). Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación. 2ª reimpresión. Editorial Ariel.
- Buccino, G., Binkofski, F. & Riggio, L. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*, 89(2), 370-6. [https://doi:10.1016/S0093-934X\(03\)00356-0](https://doi:10.1016/S0093-934X(03)00356-0)
- Bueno i Torrens, D. (2019). Neurociencia aplicada a la educación. *Editorial Síntesis*.
- Bueno i Torrens, D. (2021). Neurociencia para educadores. 8ª edición. Editorial Octaedro.
- Camón Julián, L. (2016). Las neuronas espejo y la imitación. [Trabajo de Fin de Grado en Biología. Universidad de Salamanca]. <https://www.researchgate.net/publication/321075981>

- Campos, A.L. (2010). Neuroeducación: Uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. Asociación Educativa para el Desarrollo Humano (ASEDH). *La educación. Revista Digital*, (143), 1-14
- Carballo Márquez, A. & Portero Tresserra, M. (2019). 10 ideas clave. Neurociencia y educación. Aportaciones para el aula. 2ª reimpresión. Editorial Graó.
- Castro-Alonso, J.C., Ayres, P. & Paas, F. (2014). Dynamic visualizations and motor skills, In *Huang W. Handbook of Human Centric Visualization*. New York: Springer, 551-80. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7485-2_22
- Castro-Alonso, J.C., Ayres, P. & Paas, F. (2015). Animations showing Lego manipulative tasks: Three potential moderators of effectiveness. *Computers and Education*, (85), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.022>
- Cross, E.S., Hamilton, A.F.dC. & Grafton, S.T. (2006). Building a motor simulation de novo: Observation of dance by dancers. *Neuroimage*, 31(3), 1257-67. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.033>
- De La Barrera, M.L. & Donolo, D. (2009). Neurociencias y su importancia en contextos de aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*, 10(4), 1-17. <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num4/art20/int20.htm>
- De Podestá, G.T. & Gleichgerrcht, E. (2014). El cerebro que aprende: una mirada a la educación desde las neurociencias. *Aique Grupo Editor*.
- Espinosa-Ramírez, S., Monge-Martín, D., Denizón-Arranz, S. et al. (2022). Ibero-American consensus on learning outcomes for the acquisition of competencies by medical students through clinical simulation. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, (26), 4564-73.
- Fabri-Destro, M. & Rizzolatti, G. (2008). Mirror Neurons and Mirror Systems in Monkeys and Humans. *Physiology*, (23), 171-9. <https://doi.org/10.1152/physiol.00004.2008>
- Ferrari, P.F., Gallese, V., Rizzolatti, G. & Fogassi, L. (2003). Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex. *European Journal of Neuroscience*, 17(8), 1703-14. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02601.x>
- Gaba, D.M. (2007). The future of simulation in healthcare. *The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 2(2), 126-35. <https://doi.org/10.1097/01.sih.0000258411.38212.32>
- Gopar Rodríguez, E. (2018). La Neuroeducación. [Trabajo fin de grado no publicado de Maestro de Educación Primaria]. Facultad de Educación. Universidad de la Laguna. Curso académico 2018/2019.
- Höffler, T.N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-38. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>

Jensen, E. (2008). Cerebro y aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas. *Narcea, S.A. de Ediciones*.

Longcamp, M., Tanskanen, T. & Hari, R. (2006). The imprint of action: Motor cortex involvement in visual perception of handwritten letters. *Neuroimage*, 33(2), 681-8.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.06.042>

Mayer, R.E. & Gallini, J.K. (1990). When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words?. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-26. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.715>

Mayer, R.E. & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, (14), 87-99. <https://doi.org/10.1023/A:1013184611077>

Mayer, R.E. (2014). The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. *Cambridge University Press. Second edition. Cambridge University Press*, 43-71.
<https://doi.org/10.1017/cbo9781139547369.005>

Michas, I.C. & Berry, D.C. (2000). Learning a Procedural Task: Effectiveness of Multimedia Presentations. *Applied Cognitive Psychology*, (14), 555-75. [https://doi.org/10.1002/1099-0720\(200011/12\)14:6<555::aid-acp677>3.0.co;2-4](https://doi.org/10.1002/1099-0720(200011/12)14:6<555::aid-acp677>3.0.co;2-4)

Mora Teruel, F. (2021). Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama. 3ª edición. *Alianza Editorial S.A.*

Mora Teruel, F. (2022). Cómo funciona el cerebro. 4ª reimposición. *Alianza editorial SA.*

Olasveengen, T.M., Semeraro, F., Ristagno, G. et al. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Basic Life Support. *Resuscitation*, (161), 98-114.
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.009>

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L. et al. (1999). Resonance behaviours and mirror neurons. *Archives Italiennes de Biologie*, (137), 85-100.

Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2007). Mirror neurons and motor intentionality. *Functional Neurology*, 22(4), 205-10.

Rizzolatti, G., Fabri-Destro, M. & Cattaneo, L. (2009). Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Clinical Practice Neurology*, 5(1), 24-34.
<https://doi.org/10.1038/ncpneuro0990>

Sánchez Macías V.C., Amado Sarmiento, Y.I. & Bolívar Suárez, A. (2016). Enseñanza de lectura literal en resolución de problemas matemáticos en Escuela Nueva. *Educación y Ciencia*, 23-37.

Tai, Y.F., Scherfler, C., Brooks, D.J. et al. & Castiello, U. (2004). The human premotor cortex is 'mirror' only for biological actions. *Current Biology*, 14(2), 117-20.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.01.005>

Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M.C. et al. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2), 273-81.
<https://doi.org/10.1162/0898929053124965>

Tormo-Calandín, C. Hernández-Vargas, C.I., Ruíz-López, J.L., et al. (2023) Propuesta de teleformación mediante simulación clínica con avatares humanos, sus raíces docentes y neurobiológicas. *Revista Mexicana de Educación Médica*, 9(2), 53-6.

Van Genuchten, E., Van Hooijdonk, Ch., Schüler, A. et al. (2014). The role of working memory when 'Learning How' with multimedia learning material. *Applied Cognitive Psychology*, 28(3), 327-35.

Van Gog, T., Paas, F., Marcus, N. et al. (2009). The mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations. *Educational Psychology Review*, 21(1), 21-30. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9094-3>

Wong, A., Marcus, N., Ayres, P. et al. (2009). Instructional animations can be superior to statics when learning human motor skills. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 339-47. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.012>