

3DSurgHELP

Durante el proyecto 3DSurgHelp, se realizó un estudio multicéntrico para evaluar el uso de gafas de realidad virtual (VR) en la planificación quirúrgica de tumores pediátricos abdominales, específicamente neuroblastoma y tumor de Wilms. Se obtuvo aprobación ética, y se preparó toda la documentación necesaria para el consentimiento informado y la recolección de datos a través de encuestas dirigidas a cirujanos, con el fin de evaluar la experiencia de uso de las gafas de Realidad Virtual y el impacto en aspectos quirúrgicos como el tiempo, volumen de resección y complicaciones. Para la gestión del estudio se utilizaron herramientas como Redcap para aleatorización, New Telera para transferencia de imágenes anonimizadas y Mimics Viewer para visualizar reconstrucciones 3D en VR. Actualmente, participan nueve hospitales en América, Europa y Latinoamérica, con 65 casos registrados, de los cuales 35 se planificaron usando la simulación 3D con VR, reduciendo levemente el tiempo quirúrgico, así como mejorando la sensación de confianza y reduciendo el estrés de los cirujanos. La evaluación preliminar sugiere que la realidad virtual facilita la comprensión anatómica en casos complejos, aunque también se detectó un aumento en la fatiga mental para algunos usuarios.

Paralelamente al estudio de las gafas de Realidad Virtual, se desarrolló un simulador físico 3D. Se basó en requerimientos clínicos y técnicos, diseñando modelos anatómicos detallados para representar tumores de tamaño y complejidad medias. Se seleccionaron materiales adecuados tras pruebas y se utilizaron técnicas avanzadas como impresión 3D y moulage de silicona para recrear la textura y tacto de tejidos reales. El simulador permite entrenar todas las etapas de la cirugía, especialmente a menos experimentados, en procedimientos complejos. La validación interna y un workshop que contó con la presencia de 10 cirujanos provenientes de diferentes hospitales con diversos grados de experiencia, confirmaron la utilidad y realismo del simulador, aunque se identificó la necesidad de aumentar su complejidad para reflejar mejor los desafíos quirúrgicos reales. Finalmente, se organizó una jornada de difusión donde expertos compartieron avances en impresión 3D y VR, destacando su impacto en la formación y práctica clínica.

Selección de casos, segmentación y diseño

En una primera etapa, se ha realizado un análisis retrospectivo de los casos de neuroblastoma y tumor de Wilms en los que se ha llevado a cabo planificación quirúrgica. El objetivo de este análisis es, por un lado, permitir que los ingenieros comprendan las patologías y el procedimiento quirúrgico asociado. Además, es fundamental resaltar la gran variabilidad de los tumores pediátricos abdominales, tanto en tamaño como en las áreas anatómicas afectadas y el grado de invasión en los tejidos circundantes.

Para facilitar el análisis, la información se ha organizado de manera estructurada en tablas (fig. 1). De esta tabla, es posible extraer información preliminar para el desarrollo del simulador, así como también hacer las primeras pruebas con las gafas de Realidad Virtual.

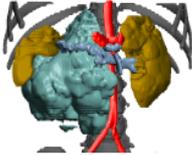
imagen médica	area afectada	Organos afectados	edad paciente	volumen tumor (mm ³)	Imagen	Fabricación	Mímics viewer	abordaje
AngioTC - Body std		Riñon derecho - afecta aorta y vena cava - vertebra	3	305942		no	si	Toracabdominal derecha
Angiografía TC abdo		Riñon izquierdo - afecta y abraza a la aorta	4	301120		no	si	

Fig 1 – Tabla recopilatoria de casos de Neuroblastoma y Tumor de Wilms del HSJD

Además, este análisis tuvo como objetivo mejorar el proceso de segmentación de las imágenes médicas y reconstrucciones virtuales. Se han hecho pruebas con diversos softwares de segmentación, evaluando la rapidez y el grado de automatización, llegando a la conclusión de que Materialise Mimics y Portal IntelliSpace son actualmente los mejores softwares para segmentar los tejidos blandos. Además, se evaluaron softwares para poder visualizar y compartir casos externos con gafas VR y se decide utilizar el Mimics Viewer.

Estudio multicéntrico de gafas de VR

En la primera etapa del estudio, se llevaron a cabo varias tareas clave para garantizar el cumplimiento ético y la correcta ejecución del proyecto. Se obtuvo la aprobación del comité de ética y se preparó toda la documentación necesaria, incluyendo la hoja de consentimiento informado para los padres/tutores, el acuerdo de transferencia de datos y la encuesta que los cirujanos deberán responder. La encuesta tiene como objetivo valorar la experiencia del cirujano con el uso de la RV en la planificación quirúrgica, mediante el uso de las gafas MetaQuest 2, así como comprender cual es el impacto de la utilización de la planificación virtual en el tiempo quirúrgico, el volumen de resección y las complicaciones quirúrgicas.



Fig. 2 – Centros participantes en el estudio del uso de RV

Además, se configuraron las herramientas de software que se utilizarán a lo largo del estudio. Se implementó Redcap para la aleatorización de los casos, New Telera para la transferencia de imágenes médicas anonimizadas y Mimics Viewer para compartir las reconstrucciones 3D de los casos, permitiendo su visualización mediante gafas de realidad virtual. Por último, se realizó una campaña de difusión internacional con el objetivo de reclutar hospitales para participar en el estudio. Al recibir cada caso, el equipo se compromete a entregar la reconstrucción 3D dentro de las primeras 72 horas. Además, se lleva a cabo un seguimiento para garantizar que el equipo de cirujanos complete el cuestionario necesario para la evaluación del estudio. Asimismo, se continúa con el proceso de reclutamiento de nuevos hospitales, con el fin de ampliar la muestra de casos.

Hasta el momento, contamos con la participación activa de 8 hospitales: 2 en Estados Unidos, 4 en Europa y 2 en Latinoamérica. El estudio incluye un total de 41 casos, de los cuales 23 han sido procesados con planificación 3D para su visualización mediante gafas de realidad virtual, lo que permite una planificación quirúrgica más precisa y detallada.

Se ha realizado una evaluación preliminar de los resultados obtenidos a partir de la encuesta, concluyendo que la comprensión de las estructuras anatómicas en casos complejos de neuroblastoma mejora significativamente. Sin embargo, en algunos casos, se ha observado un incremento en la fatiga mental asociada al uso de las gafas de realidad virtual (VR). Cabe señalar que los resultados obtenidos aún no son concluyentes, ya que se espera ampliar el tamaño de la muestra para obtener datos más representativos y definitivos

Diseño y Desarrollo del simulador físico 3D de cirugías complejas

El diseño y desarrollo del simulador comenzó con la definición de los requerimientos técnicos y clínicos esenciales. Se estableció el tamaño del paciente de referencia y se identificaron las estructuras anatómicas fundamentales y no fundamentales, diferenciando aquellas relevantes para la cirugía y las que se incorporarían para mejorar el realismo del simulador. El simulador fue diseñado para un caso de neuroblastoma de tamaño medio y complejidad media, considerando su grado de invasión en los tejidos circundantes, así como para un tumor de Wilms unilateral con dos tumores de pequeño tamaño. Se seleccionaron los materiales adecuados para replicar las estructuras anatómicas a través de una revisión bibliográfica exhaustiva y pruebas realizadas y validadas por el equipo de cirujanos. También se definieron los procedimientos quirúrgicos a simular y las herramientas que serían utilizadas durante el proceso.

Con los requerimientos establecidos, se procedió a la fase de diseño, que implicó la creación de modelos en 3D mediante software especializado, como Mimics 3Matic y Rhinoceros. Los modelos anatómicos fueron generados a partir de los datos obtenidos en la fase inicial del proyecto. El diseño final fue sometido a un proceso de validación por parte del equipo de cirujanos del Hospital Sant Joan

de Déu (HSJD), garantizando que las representaciones anatómicas y los procedimientos quirúrgicos fueran lo más precisos y funcionales posibles.

En la fase de fabricación, se realizaron pruebas de materiales para identificar aquellos que mejor replicaran los tejidos blandos. Para ello, se emplearon técnicas innovadoras de fabricación aditiva, combinadas con moulage de silicona y otras técnicas de simulación para mejorar el realismo del simulador. La combinación de estos métodos permitió crear un simulador con un alto grado de realismo tanto en su apariencia como en su interacción táctil, lo que lo convierte en una herramienta altamente funcional. Este simulador será clave para el ensayo de cirugías pediátricas oncológicas complejas, proporcionando a los cirujanos pediátricos con menor experiencia una oportunidad de formación que les permita enfrentarse a casos clínicos complejos a los que, de otro modo, no tendrían acceso.

Validación

En una primera etapa, se realizó una validación interna del simulador con los cirujanos del Hospital Sant Joan de Déu (HSJD) involucrados en el proyecto 3DSurgHelp, donde se fabricó una versión inicial del simulador para su evaluación. De esta validación inicial, se identificaron puntos de mejora, como la dureza de los tumores representados. A partir de los comentarios y sugerencias obtenidos, se implementaron los ajustes necesarios y se fabricaron nuevas unidades del simulador.

Para la validación final, se organizó un workshop (fig. 2) en el que se invitó a cirujanos de diversos hospitales a nivel internacional, con diferentes niveles de experiencia en la cirugía de neuroblastoma y tumor de Wilms. Esta fase de validación es crucial, ya que permitió evaluar el grado de utilidad del simulador en un entorno clínico realista, así como confirmar que las durezas y texturas de los materiales empleados en la simulación eran representativas de las estructuras anatómicas correspondientes.



Fig 3 – Workshop de validación del simulador

Con el fin de recopilar información detallada sobre la experiencia de los participantes, se preparó una encuesta y se organizó una sesión de debriefing posterior al ensayo quirúrgico. El feedback recibido en cuanto a la utilidad, el realismo del simulador y la similitud con el procedimiento quirúrgico fue muy positivo. Sin embargo, se identificó un aspecto a mejorar: la resección del neuroblastoma en el simulador era percibida como demasiado rápida y sencilla, lo cual no refleja la complejidad habitual de este tipo de cirugía. Como resultado, se ha decidido desarrollar una nueva versión del simulador, con un nivel de complejidad mayor, que incluya un tumor de mayor tamaño y con los principales vasos sanguíneos encapsulados, para acercarse más a las condiciones quirúrgicas reales y mejorar la formación de los cirujanos.

Jornada de difusión 3D Onco

Con el objetivo de difundir los resultados del proyecto 3DSurgHelp y los avances de otros grupos de investigación de diferentes hospitales, se organizó una jornada dedicada a la divulgación de los progresos en el ámbito de la impresión 3D y la visualización mediante gafas de realidad virtual y realidad aumentada. El evento contó con la participación de radiólogos, cirujanos e ingenieros biomédicos, quienes son expertos en sus respectivas áreas, y proporcionaron valiosas aportaciones sobre las aplicaciones y el impacto de estas tecnologías en la práctica clínica y la formación quirúrgica.



Fig 4 – Jornada 3D in Oncology