



Protocolo de investigación

Autores:

Juan David Hoyos Restrepo

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Cirugía de Mano

Bogotá Colombia 2022

Nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH). Revisión de alcance.

Autores

Juan David Hoyos Restrepo, MD

Tutores

Omar David Dimían

Daniel Alejandro Buitrago

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Postgrado Cirugía de Mano Universidad del Rosario

Bogotá – Colombia 2022

Identificación del proyecto

Institución Académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Instituciones participantes: Universidad del Rosario

Título de la investigación: Nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH).
Revisión de alcance.

Tipo de investigación: Revisión de alcance (Scoping review)

Investigador principal: Juan David Hoyos Restrepo

Asesor clínico o temático: Omar David Dimían

Asesor metodológico: Daniel Alejandro Buitrago

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos

A mi familiar por ser un apoyo incondicional durante todo el proceso de desarrollo profesional y académico, a todos los docentes del HUBU que contribuyeron con mi formación en cirugía de mano, María Alejandra por ser apoyo continuo y constante, mi compañero de Fellow Dick, por todos los aprendizajes y experiencias durante este año. Gracias a todos por estar en mi camino.

Tabla de Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Resumen Ejecutivo | 7 |
| 2. Introducción | 10 |
| 2.1 Planteamiento del problema | 10 |
| 3. Marco teórico y Justificación | 11 |
| 4. Pregunta de investigación | 17 |
| 5. Objetivos | 17 |
| 5.1 Objetivos Generales | 17 |
| 5.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 6. Métodos | 17 |
| 6.1 Criterios de inclusión | 17 |
| 6.2 Criterios de exclusión. | 18 |
| 7. Tipo de Fuentes. | 18 |
| 7.1 Fuentes de información | 18 |
| 7.2 Estrategia de búsqueda | 19 |
| Tabla 1. Estrategia de búsqueda discriminada por algoritmo y límites. | 19 |
| 7.3 Extracción de datos | 19 |
| 7.4 Proceso de recopilación de datos | 19 |
| 7.5 Sesgo de publicación | 20 |
| 7.6 Lista de Datos | 20 |
| Tabla 2. Variables usadas en el instrumento de recolección de datos | 20 |
| 8. Alcances y Limitaciones del estudio | 20 |
| 9. Aspectos éticos | 21 |
| 10. Cronograma | 21 |
| Tabla 3. Cronograma de Trabajo | 21 |
| 11. Presupuesto | 22 |
| Tabla 4. Presupuesto | 22 |
| 12. Resultados | 23 |
| Imagen 1. Nube global de palabras con los términos encontrados | 23 |
| Imagen 2. Nube global de palabras con el país de origen de los artículos encontrados | 23 |
| 12.1 Búsqueda y Tamizaje | 24 |
| Grafica 1. Número de publicaciones vs. Año de publicación | 24 |
| Imagen 3. Diagrama de flujo PRISMA | 25 |
| 12.2 Identificación de los estudios. | 25 |
| Tabla 5. Descripción general de artículos | 26 |
| Gráfica 2. Cantidad de artículos incluidos según país de publicación | 27 |

| | |
|---|----|
| Tabla 6. Descripción de nuevas tecnologías, costos y modelos de entrenamiento microquirúrgico | 28 |
| Tabla 7. Según Escalas de evaluación y Resultados obtenidos en el estudio | 33 |
| 13. Discusión | 36 |
| 14. Conclusiones | 40 |
| 15. Bibliografía | 41 |

1. Resumen ejecutivo

Nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH). Revisión de alcance.

Antecedentes: La evolución en las técnicas quirúrgicas con el paso del tiempo, de la mano del desarrollo de nuevas tecnologías, han permitido realizar procedimientos, que previamente no se creían posibles. Todos estos avances se ven limitados por la escasas oportunidades que tiene el personal médico que busca formación en el desarrollo de habilidades microquirúrgicas.

Objetivo: Describir nuevas tecnologías de magnificación de la imagen, diferentes a los elementos tradicionales de magnificación, en el entrenamiento microquirúrgico que estén validadas con EEH.

Metodología: Esta es una revisión de alcance realizada en las bases de datos de Pubmed, BVS, OVID y literatura gris, en la que se incluyó, toda la evidencia disponible de los elementos de nuevas tecnologías en magnificación de la imagen usados durante el entrenamiento en microcirugía, hasta Noviembre de 2021, en la cual se identificaron las características de dichas tecnologías, validadas con EEH.

Resultados: Se obtuvo un total de 10035 artículos, evidenciando con la búsqueda realizada, un incremento significativo en los artículos publicados desde el año 2000. Finalmente se incluyeron 10 publicaciones. Los dispositivos de magnificación de la imagen, se dividieron en alto costo (sistema quirúrgico Da Vinci, exoscopio 3D de alta definición (VITOM®)) y bajo costo (microscopio digital, microscopio trinocular, estereomicroscopio, teléfonos inteligentes, tabletas digitales). Con respecto a las EEH, en los dispositivos de alto costo se usaron la escalas VITOM y SARMS. En los de bajo costo fueron usada las escalas SMaRT, SAMS, UWOMSA, OSATS, NOMAT, ficha técnica de puntuación de microcirugía, OSATS modificado y escala global OSATS, describiendo ventajas y desventajas en los dispositivos empleados, demostrando la utilidad y el adecuado desarrollo de habilidades microquirúrgicas.

Conclusiones:

Las tecnologías emergentes aplicadas en el entrenamiento microquirúrgico, han generado mayor interés en la comunidad médica, lo que ha favorecido el incremento de múltiples publicaciones en los últimos años, sin embargo, la gran mayoría de publicaciones encontradas, no cuentan con EEH, impactando en la confiabilidad y validez de los artículos. En el futuro es importante contar con dispositivos costo-efectivos, de fácil acceso, confiables, validados, que puedan ser ampliamente implementados.

Palabras claves: microcirugía, educación, enseñanza, entrenamiento, modelos, evaluación.

Abstract

New image magnification technologies in microsurgical training validated with skills assessment tools (SAT). Scoping Review.

Background: Surgical techniques have evolved over time, along with the development of new technologies, allowing procedures that were once unthinkable to be performed. All of these advancements are limited by the lack of training options for medical staff interested in developing microsurgical abilities.

Objective: To describe new image magnification technologies, different from the traditional magnification elements, in microsurgical training that are validated with SAT

Methodology: This is a scoping review carried out using the databases of PubMed, BVS, OVID and gray literature, in which all the available evidence of the elements of new technologies in image magnification used during microsurgery training was included until November 2021. The characteristics of these technologies validated with SAT were identified.

Results: A total of 10035 articles were obtained, evidencing, with the search carried out, a significant increase in the number of articles published since the year 2000. Finally, 10 publications were included. Image magnification devices were divided into high-cost (Da Vinci surgical system, high-definition 3D exoscope (VITOM®)) and low-cost (digital microscope, trinocular microscope, stereomicroscope, smartphones, digital tablets). Regarding the SAT, the VITOM and SARMS scales were used for high-cost devices. On the other hand, the SMaRT, SAMS, UWOMSA, OSATS, NOMAT, microsurgery score sheet, modified OSATS, and OSATS global scale were implemented in low-cost devices, describing the advantages and disadvantages of the devices used and demonstrating their usefulness and proper development of microsurgical skills.

Conclusion: Emerging technologies applied in microsurgical training have generated greater interest in the medical community, which has favored the increase of multiple publications in recent years. However, the vast majority of publications found do not have SAT, impacting the reliability and validity of the articles. In the future, it is important to have cost-effective, easily accessible, reliable, validated devices that can be widely implemented.

Key words: Microsurgery, microsurgical, education, teaching, training, models, simulators, assessment and evaluation

2. Introducción

2.1 Planteamiento del problema

En el desarrollo histórico de la sociedad, junto con los avances en salud pública y mejoras en el acceso a la atención de salud, los profesionales entrenados durante el siglo XX, fueron los responsables de duplicar la expectativa de vida de países desarrollados y en vías de desarrollo. Sin embargo, un contexto cambiante significa mayores desafíos para la disciplina de la educación en salud, donde la seguridad del paciente se ha convertido en el eje central de cualquier intervención médica, sumado a una cultura de trabajo que no admite errores y una mayor demanda por especialistas, lo cual limita el entrenamiento convencional, exigiendo nuevas estrategias para el desarrollo de habilidades y competencias que puedan ser realizadas de una manera adecuada, previa a su aplicación.(1,2)

La evolución en las técnicas quirúrgicas con el paso del tiempo, de la mano del desarrollo de nuevas tecnologías, han permitido realizar procedimientos, que previamente no se creían posibles. Las técnicas microquirúrgicas, abren un mundo de posibilidades, buscando resolver problemas del pasado en la actualidad, planteando una importante competencia en el campo de la microcirugía, para diferentes especialidades como cirugía plástica, cirugía de la mano, neurocirugía, cirugía vascular, otorrinolaringología, oftalmología, entre otras. Sin embargo todos los avances que se han logrado con el paso de los años se ven limitados dada las escasas oportunidades que tiene el personal médico que busca formación en el desarrollo de habilidades en técnicas microquirúrgicas. Esto se puede apreciar especialmente en países en vía de desarrollo como es el caso de Colombia, en donde es evidente la inequidad en cuanto a oportunidades académicas, económicas y de accesibilidad a diferentes herramientas de aprendizaje en este campo, por lo tanto, en la búsqueda de nuevas propuestas para realizar el entrenamiento, principalmente asociados a elementos como el microscopio quirúrgico estándar,(3) proponemos una revisión de la literatura científica disponible, con el uso de nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH).

3. Marco teórico y Justificación

El término de microcirugía, fue dado por Jules Jacopson en los años sesenta, al realizar la descripción de la primera anastomosis vascular de pequeños vasos (Menores de 2mm) y nervios con microscopio o lupas de magnificación de alto poder. (4,5)

En adelante, otros autores como Malt y Mckhann (6) en 1964, publican casos de reimplantes en miembros superiores. Buncked (7) informó un reimplante de orejas de conejo, realizado con instrumentos caseros. Estos adelantos, permitieron sentar las bases para la transferencia de tejidos microquirúrgicos compuestos, que se popularizó en la década de 1970 con Taylor, en la reconstrucción de defectos cabeza y cuello, llevando tejido óseo de la cadera o peroné. (8)

En la década de 1980, se hizo hincapié en mejorar la función con el trasplante de tejido autólogo principalmente en las reconstrucciones mandibulares asociadas a procesos oncológicos, buscando estabilización mandibular, con una adecuada masticación, ofreciendo una cobertura estable definitiva, a pesar de requerir radioterapia. Hoy en día, las técnicas microquirúrgicas se han convertido en una parte integral del arsenal de los cirujanos plásticos y otras especialidades afines, permitiendo una adecuada cobertura y función de los tejidos blandos posterior a traumatismos o resecciones oncológicas. (4)

Dentro de los principios de la cirugía plástica, Millard, establece que el progreso requiere de la innovación para mejoría del estándar, la modificación de las rutinas, para poder abrir nuevas fronteras. (9)

En la actualidad se han desarrollado diferentes estrategias en el entrenamiento microquirúrgico como lo son la formación secuencial estructurada, manuales que van desde el conocimiento del instrumental hasta la implementación de herramientas de magnificación de la imagen y técnicas de sutura en diferentes modelos. (10)

Es importante tener en cuenta las exigencias que se han generado a nivel mundial, en torno al desarrollo de competencias y habilidades en modelos de entrenamiento microquirúrgico, además, con la experiencia obtenida durante la pandemia por la infección del COVID-19, en la cual se vio limitada la educación médica presencial, la interacción interpersonal, el aforo máximo, los espacios físicos y protocolos para el uso de laboratorios de entrenamiento, que han contribuido a darle mayor importancia a la educación médica a distancia, en diferentes campos, que antes no se creían posibles. (11)

Por lo anteriormente descrito, es relevante, promover diferentes alternativas, que permitan la implementación de nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje que garanticen el desarrollo de técnicas microquirúrgicas, como lo son: la utilización de instrumental especializado, adaptación con la magnificación de la imagen, profundidad, reconocimiento del campo de trabajo y precisión de movimientos finos, tomando relevancia, en respuesta a la problemática actual tanto a nivel local como a nivel mundial.

Estos cambios y necesidades, plantean la posibilidad de buscar alternativas de magnificación de la imagen de costos variables, en la mayoría de casos asequibles, de uso masivo como lo son los celulares inteligentes y tabletas digitales, otras opciones como los microscopios no convencionales, que además permiten realizar grabaciones durante su ejecución, que podrán ser evaluadas, corregidas con una respectiva retroalimentación, en algunos casos con mayor disponibilidad de escenarios de práctica, funcionales, permitiendo un adecuado aprendizaje escalonado desde el componente básico en modelos secos y sintéticos, y entrenamiento avanzado en modelos experimentales no vivos y vivos.

Margulies y colaboradores, (12) realizaron una revisión sistemática de la literatura desde enero 1990 hasta diciembre 2018, identificando las diferentes opciones de entrenamiento microquirúrgicos existentes, en las que se emplearon herramientas de magnificación de la imagen de fácil acceso. Los resultados obtenidos, fueron clasificados en dos grandes grupos; como entrenamientos interactivos, cuando se utilizaban dispositivos tecnológicos de forma práctica en los ejercicios y entrenamientos pasivos cuando se basaban en múltiples plataformas digitales, como videos o tutoriales. Este estudio, fue una de las primeras revisión sistemática de recursos de capacitación en microcirugía digital de fácil acceso, con el cual se ha podido identificar recursos existentes en todas las plataformas, incluida la literatura publicada, sitios web, aplicaciones para Smartphone, plataformas de redes sociales y plataformas de transmisión de video como YouTube. En contraste con los altos costos, disponibilidad de cursos y acceso en laboratorios de microcirugía, estos recursos brindan a los especialistas la conveniencia de aprender y practicar la técnicas microquirúrgicas en cualquier momento, desde cualquier lugar del mundo sirviendo como una valiosa herramienta complementaria a la capacitación tradicional presencial.

Para obtener experiencia en las técnicas quirúrgicas en general, requiere un modelo paralelo a la adquisición de conocimientos y actitudes profesionales para las mismas. Las metas en medicina están puestas en establecer sistemas de memoria y vigilancia, tener un acceso a la información, crear sistemas a prueba de errores computacionales, estandarizar los procesos, realizar instrucción, entrenamiento y supervisión. Como contrapartida corregir ambientes inseguros, desarrollar un sistema de reporte nacional y crear políticas y modelos en las organizaciones de salud que incrementen la seguridad a los pacientes.

(13)

En términos generales, es de conocimiento, que el tiempo invertido bajo el microscopio se relaciona directamente con el desarrollo de las competencias microquirúrgicas de un residente, lo cual conlleva, a una búsqueda de modelos más accesibles y rentables para capacitar a los residentes quirúrgicos en microcirugía. (3) En Japón, en el Okayama University Hospital, postularon un modelo metodológico escalonado y estructurado de aprendizaje compuesto por 5 etapas, en la etapa 1 se plantearon ejercicios en modelos cilíndricos siliconados, en la etapa 2 ejercicios de revascularización en biomodelos, por último en las etapas 3, 4 y 5 se realizaron ejercicios de revascularización en arterias femorales, colgajos epigástricos y reimplantes faciales y de extremidades respectivamente, estas últimas etapas realizadas sobre modelos experimentales in vivo.

(14)

Se han propuesto diferentes modelos de medición de habilidades quirúrgicas para el personal en formación ya sea en un ámbito intraoperatorio o extra operatorio, sin embargo, puede ser difícil lograr realizar una evaluación confiable y válida en el quirófano. Dentro de los argumentos para este contexto, es importante tener en cuenta la diversidad de procedimientos quirúrgicos, grados de complejidad variable y diferentes opciones de entrenamiento.(15) En donde la implementación de modelos de entrenamiento extra operatorios con especímenes no biológicos (sintéticos) o biológicos que surgen como una alternativa de gran valor en el desarrollo de habilidades. También, se pueden adquirir habilidades específicas de una manera estándar, del personal en formación, obteniendo resultados que pueden ser útiles en el grado de promoción y evaluación objetiva de los servicios de entrenamiento, sin interferir con los tiempos operatorios. (16)

Actualmente continua vigente la evaluación objetiva de las habilidades durante el entrenamiento microquirúrgico, que en algunos casos permite realizar una evaluación por un observador externo, que pueda dar con claridad conceptos sobre el desarrollo de dichas técnicas, condicionado en el aprendizaje escalonado, con unos criterios básicos y avanzados de exigencia. Algunos modelos educativos postulan que los docentes deben incentivar e implementar espacios de aprendizajes activos, independientes, auto dirigidos que se encuentran y están directamente relacionados en incrementar su desempeño. (17) Un aspecto importante, es la necesidad de la aplicación de escalas de evaluación de habilidades en microcirugía, realizadas a medida que estas herramientas eficientes en la magnificación de la imagen se vayan expandiendo globalmente, para poder realizar medidas objetivas de su uso y aplicabilidad.

Para poder elaborar un criterio objetivo en relación a los progresos de las habilidades quirúrgicas, se han realizado diferentes publicaciones como guías de entrenamiento en microcirugía y escalas de evaluación, permitiendo evaluar la adquisición de habilidades microquirúrgicas, pretendiendo de esta manera desarrollar un programa de entrenamiento con estándares de alta calidad medibles y replicables.

Las siguientes son algunas de las escalas más usadas para evaluar las habilidades microquirúrgica durante el entrenamiento y el diseño de evaluación:

- **SARMS (Structured Assessment of Robotic Microsurgical Skills Validation):** modelo de Evaluación Estructurada de Habilidades en Microcirugía Robótica, que consta de 11 ítems, seis para micro habilidades y cinco para robótica. Cada habilidad se evaluó mediante escalas que van del 1 al 5. La evaluación estructurada de habilidades microquirúrgicas robóticas incluye tres parámetros para evaluar las habilidades microquirúrgicas convencionales, que incluyen destreza, capacidad visuoespacial y flujo operativo. Las habilidades robóticas incorporan cinco parámetros adicionales, que incluyen movimiento de la cámara, percepción de profundidad, articulación de la muñeca, manipulación atraumática del tejido y manipulación atraumática de la aguja. Cada parámetro se puntúa del 1 al 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor. El rendimiento general y el nivel de habilidad general también se evalúan de forma independiente. (18)
- **OSATS (Objective structured assessment of technical skills):** La evaluación

objetiva estructurada de las habilidades técnicas se usa ampliamente en la evaluación de las habilidades quirúrgicas, centrándose en la técnica microvascular, basada en la observación del procedimiento por parte de un microcirujano experto y su evaluación de la calidad técnica de la reparación. La escala modificada se realiza con un dispositivo que graba la actividad y posteriormente es realizada la calificación por un microcirujano experto. (15)

- **Escala de evaluación de calidad VITOM (VITOM Quality Assessment Tool):** los participantes autoevaluaron la calidad del sistema VITOM® a través de un cuestionario personalizado en una escala likert de 4 puntos (1—no aceptable, 2—aceptable, 3—buena, 4—muy buena) de las cualidades de la herramienta. (19)
- **SAMS (Structured assessment of microsurgery skills):** Es una escala que consta de 12 ítems, agrupados en cuatro áreas principales de habilidades de microcirugía: destreza, habilidad visuoespacial, flujo operativo y juicio. Cada área principal de habilidades de microcirugía se subdivide en tres componentes técnicos.(20)
- **Microsurgery technical scoring sheet:** en la Ficha técnica de puntuación de microcirugía, se evalúan 3 tareas: (1) oposición de los 2 extremos del fideo sobre el centro del objetivo, (2) colocación de una única sutura simple que une ambos extremos del fideo y (3) anastomosis de 2 extremos del fideo conectados a catéteres intravenosos con 4 suturas simples. Se obtienen puntajes para cada tarea técnica y un puntaje técnico total (puntaje total máximo 53) para cada participante. (21)
- **NOMAT (North-western Objective Microanastomosis Assessment Tool):** Aoun y et al. en el 2015, la describió por primera vez, la escala fue diseñado para evaluar la competencia quirúrgica de los neurocirujanos y los residentes de neurocirugía. Evalúa catorce parámetros utilizando la calificación Likert, con un puntaje máximo de 100, dentro de los cuales están la postura de los cirujanos, el manejo de los instrumentos, el respeto de los tejidos, el manejo del microscopio, el flujo del procedimiento, la fuerza del nudo, el espacio, la fuerza de la anastomosis y la permeabilidad. (22)
- **SMaRT(Stanford Microsurgery and Resident Training):** Esta es una escala que consta de un módulo de anudado y anastomosis de 3 secciones. Consta de 9 categorías calificadas en una escala de Likert de 5 puntos, para puntuar a los practicantes. Se

evalúa la eficacia de la sutura y los resultados quirúrgicos. La clara división del anudado básico y la anastomosis también ayuda a evaluar el crecimiento de las habilidades de los alumnos con la creciente complejidad de las tareas. Sin embargo, no evalúa el tiempo para el desarrollo de las actividades. (23)

- **UWOMSA (University of Western Ontario Microsurgery Skills Acquisition/Assessment):** Es una escala que realiza la evaluación teniendo en cuenta un módulo de anudado y uno de anastomosis, en 3 sesiones, cada uno con calificación Likert para puntuar a los practicantes. El instrumento fue validado comparándolo con la escala de calificación global. Si bien los parámetros que se evalúan son limitados, se evalúa la eficacia de la sutura y los resultados quirúrgicos. La escala aborda los puntos perdidos en el OSATS y la escala de calificación global (GRS). La clara división del anudado básico y la anastomosis también ayuda a evaluar el crecimiento de las habilidades de los alumnos con la creciente complejidad de las tareas. Sin embargo, el tiempo es un parámetro que se ha perdido en la escala.

La presente revisión del alcance, tiene como objetivo realizar una revisión de la literatura científica disponible, de las nuevas tecnologías de magnificación de la imagen usadas durante el entrenamiento en microcirugía, que implementen EEH, describiendo el uso de las tecnologías emergentes, replicables, que pueden llegar a ser utilizadas en diferentes especialidades médicas, impactando positivamente en modelos de entrenamientos con calidad, para un mayor alcance de personal en formación, sirviendo como base para el desarrollo de múltiples estudios en el futuro.

4. Pregunta de investigación

¿Cuál es la extensión, variedad y naturaleza de la evidencia alrededor de las nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico que estén validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH)?

Pop (Población): Personal en entrenamiento en microcirugía

Co (Concepto): Nuevas tecnologías de magnificación de la imagen

Co (Contexto): Validadas con escalas de evaluación de habilidades

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Describir extensión, variedad y naturaleza de la evidencia alrededor de las nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico que estén validadas con escalas de evaluación de habilidades

5.2 Objetivos específicos

- Describir las características de los tipos de estrategias de entrenamiento microquirúrgico.
- Describir los elementos específicos de las tecnologías de magnificación de la imagen
- Describir los diferentes tipos de escalas de validación objetiva durante el entrenamiento en microcirugía realizadas

6. Métodos

6.1 Criterios de inclusión

- Publicaciones relacionadas con la implementación de tecnologías digitales de magnificación de la imagen en entrenamiento microquirúrgico
- **Tipo de Población**

Personal médico en entrenamiento en microcirugía

- **Concepto**

Nuevas tecnologías digitales de magnificación de la imagen

- **Contexto**

Validadas con escalas de evaluación de habilidades (EEH)

- **Tipos de estudios**

Se incluyó cualquier tipo de literatura existente

6.2 Criterios de exclusión

- Referencias duplicadas
- Artículos sin resumen
- Uso de simulación
- Artículos que no cuenten con escalas de evaluación de habilidades validadas en entrenamiento microquirúrgico.

7. Tipo de fuentes

7.1 Fuentes de información

Como fuentes de información se utilizaron las siguientes: MEDLINE, EMBASE, PUBMED, OVID, COCHRANE, LILACS y SCIELO.

También se realizó una búsqueda manual a través de las referencias de los estudios seleccionados siguiendo la estrategia bola de nieve, al igual que búsquedas en bases de datos de literatura gris.

En el método de búsqueda de la información se utilizará lenguaje controlado y libre para mejorar el alcance de los algoritmos.

7.2 Estrategia de búsqueda

Como estrategia de búsqueda se utilizará la combinación de términos a través de los operadores booleanos, sin límites de temporalidad para obtener toda la información disponible, teniendo como fecha de la última búsqueda realizada el 30 de Noviembre de 2021. (Tabla 1)

Después de la lectura y extracción de los datos, se revisaron las referencias bibliográficas de los estudios incluidos para captar artículos que no fueron identificados en la búsqueda electrónica.

Tabla 1 Estrategia de búsqueda discriminada por algoritmo y límites.

| Herramienta de búsqueda | Algoritmo | Límites | Total |
|--|--|---------------------|--------------|
| BVS MEDLINE LILACS BINACIS IBECS | ((tw:(microsurgery)) OR (tw:(microcirugia)) OR (tw:(microcirurgia)) OR (tw:(microsurgical))) AND ((tw:(education)) OR (tw:(educación)) OR (tw:(educação)) OR (tw:(teaching)) OR (tw:(enseñanza)) OR (tw:(ensino)) OR (tw:(models))) AND ((tw:(assessment)) OR (tw:(evaluation))) | Hasta 30/11/2021 | 936 |
| PUBMED | ((("microsurgery"[All Fields]) OR ("microsurgical"[All Fields]) AND ("education"[All Fields]) OR ("teaching"[All Fields]) OR ("training"[All Fields]) OR ("models"[All Fields]) OR ("simulators"[All Fields])) AND ("assessment"[All Fields]) OR ("evaluation"[All Fields]))) | Hasta 30/11/2021 | 1026 |
| OVID | ((microsurgery or microsurgical) and (education or training or teaching or simulators or models) and (assessment or evaluation)).af. | Hasta 30/11/2021 | 8073 |
| Total | | | 10035 |

7.3 Extracción de datos

Se realizó la lectura de los resúmenes para identificar aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión, después de eliminar los repetidos se realizó una lectura rápida de los artículos incluidos para extraer los datos que fueron plasmados en las tablas de resultados.

7.4 Proceso de recopilación de datos

Se realizó una síntesis cualitativa y descriptiva de los principales hallazgos.

7.5 Sesgo de publicación

Se incluyeron en el análisis estudios encontrados en búsquedas de literatura gris (búsqueda abierta por Google, búsqueda por bases de datos de universidades) que reporten un efecto o asociación con el contexto.

7.6 Lista de datos

Las variables incluidas en el instrumento de recolección de los datos fueron las siguientes: (Tabla 2)

Tabla 2 Variables usadas en el instrumento de recolección de datos

| Variable | Definición |
|---|--|
| Autor | Apellido del primer autor del artículo |
| Título | Nombre del artículo relacionado con la pregunta de investigación |
| Año de publicación | Año en el que el artículo fue publicado en una revista científica |
| Lugar de publicación | País en donde se realizó la investigación |
| Tamaño de la muestra | Número de individuos que componen la muestra extraída de una población aplicada |
| Experiencia microquirúrgica | Experiencia en el campo de microcirugía |
| Tecnología de magnificación de la imagen | Objeto necesario para magnificar la imagen durante el entrenamiento |
| Costos | Costos de las tecnologías de magnificación |
| Tipo de modelo de entrenamiento aplicado | Elemento sintético y/o biológico aplicado durante el entrenamiento microquirúrgico |
| Ejercicio de entrenamiento | Descripción breve del entrenamiento realizado |
| Escala de evaluación de habilidades utilizada | Escala objetiva de habilidades en el entrenamiento en microcirugía |
| Resultados obtenidos | Resultados obtenidos según escalas de evaluación |

8. Alcances y Limitaciones del estudio

Como alcances pretendemos con este estudio, realizar una Descripción de los elementos de nuevas tecnologías en magnificación de la imagen usados durante entrenamiento en microcirugía. Teniendo como limitaciones, no pretender crear una guía de práctica clínica o cambios en el entrenamiento actual del campo de la microcirugía.

11. Presupuesto

Debido a la naturaleza de este estudio hay que reconocer que la Universidad del Rosario ha financiado de manera muy importante en la elaboración de este estudio al permitir el acceso a las bases de datos electrónicas y a los artículos de cada una de las revistas disponibles en su biblioteca virtual, al tiempo que garantiza el asesoramiento en las oficinas de investigación y de sus docentes. Igualmente se ha planteado tener en cuenta para el presupuesto la remuneración por el tiempo dedicado a la realización del estudio a los investigadores y tutores. (Tabla 4)

Tabla 4. Presupuesto

| Objetos | Valor unidad | Valor Total |
|--|---------------------|--------------------|
| Resma de papel blanco tamaño carta x 2 | \$15.000 | \$30.000 |
| Cartucho para impresora Hewlett-Packard x 2 | \$45.000 | \$90.000 |
| Resaltadores x 2 | \$2.000 | \$4.000 |
| Lapiceros x 2 | \$1.500 | \$3.000 |
| Recurso humano | | \$2.500.000 |
| Gran Total | | \$2.627.000 |

12. Resultados

A continuación, se muestra la nube de palabras, con los términos más utilizados en los artículos encontrados, correspondiendo el tamaño de las palabras a la frecuencia de uso. (**Imagen 1**). De igual forma, exponemos la nube de palabras global asociadas con el país de origen, donde fue realizada la publicación, obteniendo como principal país de publicaciones Estados Unidos de Norteamérica (USA) (**Imagen 2**).

Imagen 1. Nube global de palabras con los términos encontrados.

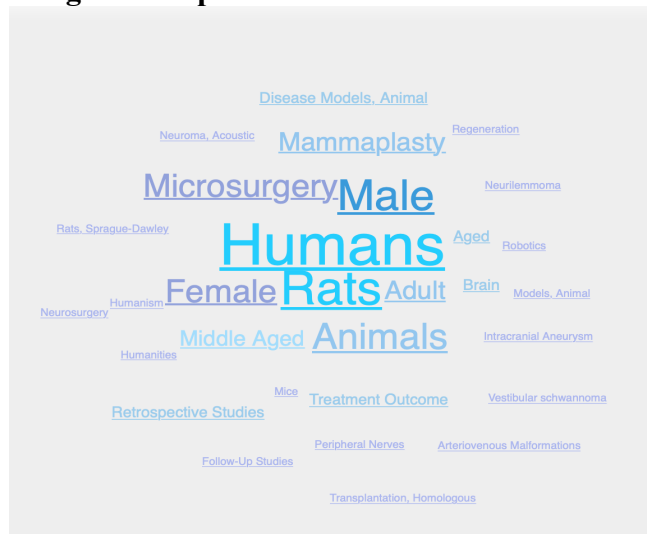
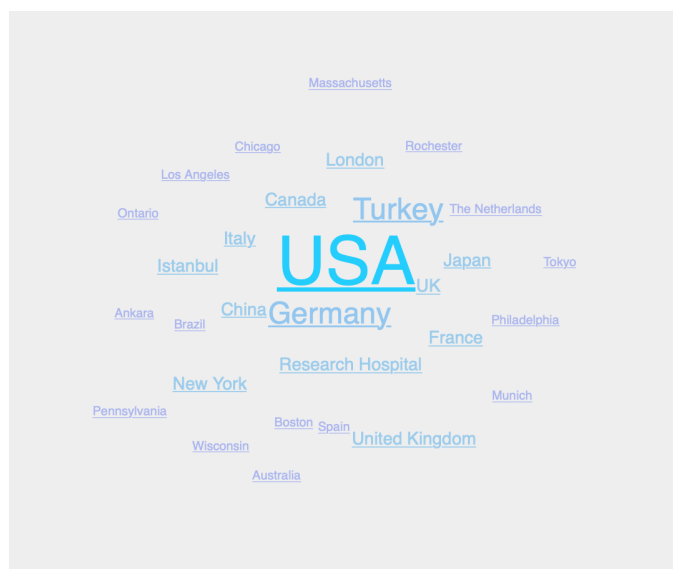


Imagen 2. Nube global de palabras con el país de origen de los artículos encontrados.



Una vez ejecutada la revisión de alcance, se encontraron los siguientes resultados:

12.1 Búsqueda y tamizaje

Producto de la aplicación de la estrategia de búsqueda se encontraron un total de 10.035 artículos, desde el año 1973 hasta 2021, evidenciando con la búsqueda realizada, un incremento significativo de las publicaciones desde el año 2.000, lo cual refleja la importancia del tema en las últimas dos décadas (**Gráfica 1**).

En la primera revisión de la búsqueda de alcance se realizó una reducción de la muestra a 6.586 artículos después de eliminar duplicados y publicaciones sin resumen, posteriormente se realizó una segunda revisión por título y resumen; de los cuales 113 artículos cumplían los criterios establecidos. Una vez realizada una lectura completa de los artículos seleccionados se encontraron finalmente 10 artículos que cumplían con los criterios de inclusión (**Imagen 3**).

Grafica 1. Número de publicaciones vs. Año de publicación

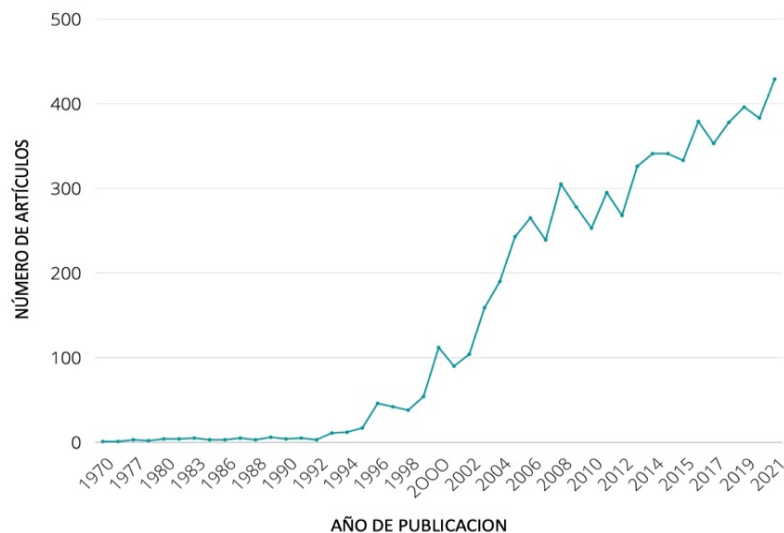
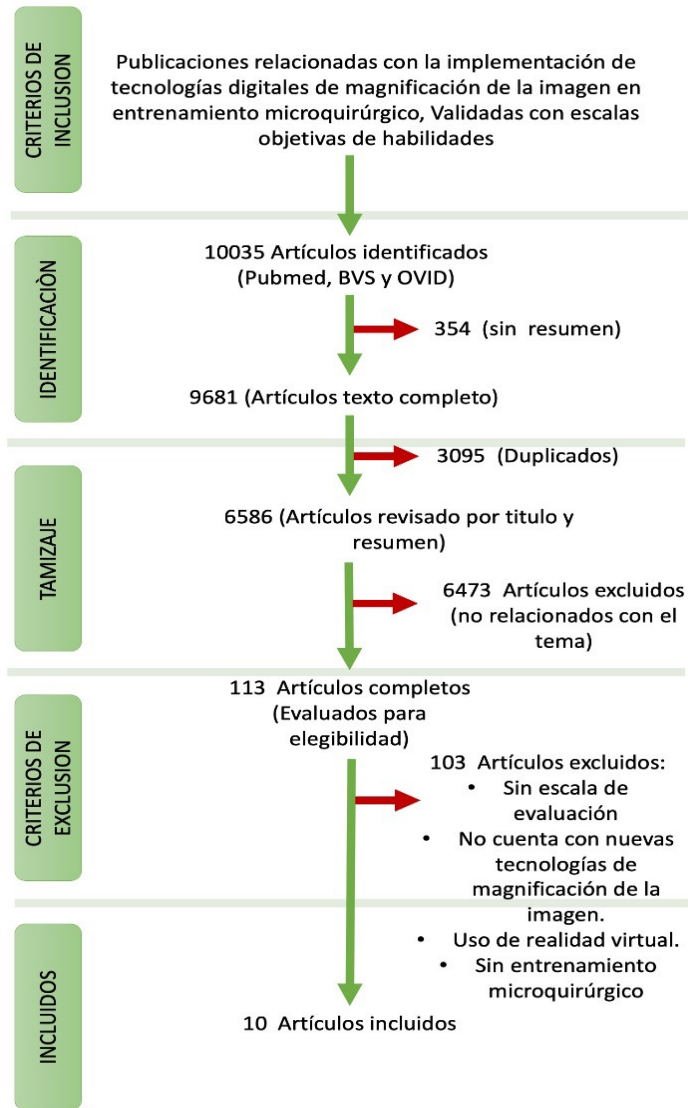


Imagen 3. Diagrama de flujo PRISMA



12.2 Identificación de los estudios

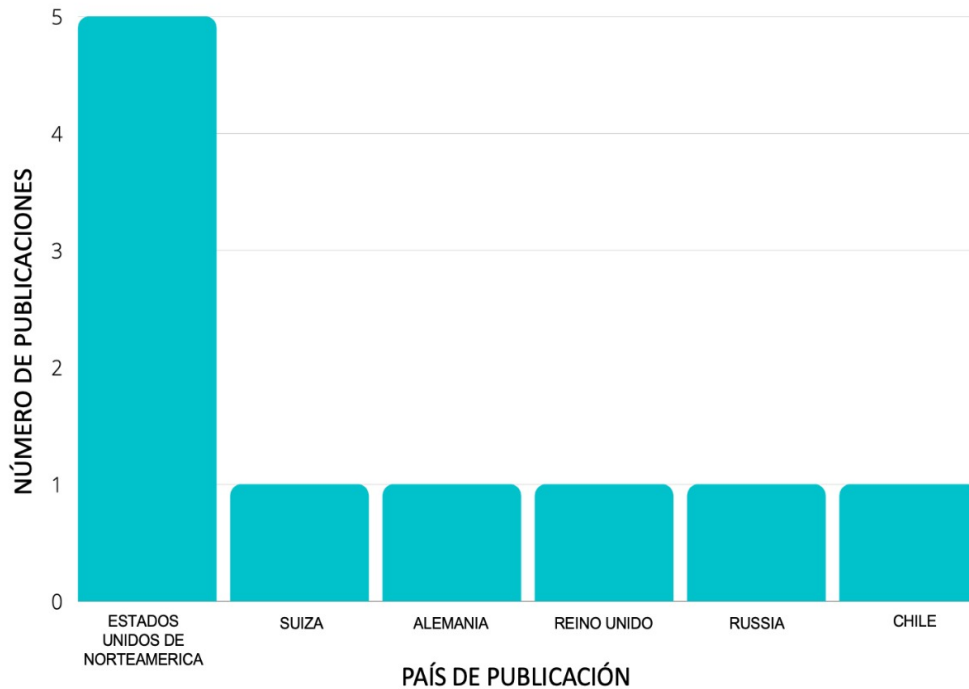
Se incluyeron 10 publicaciones en la revisión de alcances (**Tabla 5**), correspondientes en su totalidad a ensayos clínicos, en el periodo comprendido entre el 2014 al 2021, siendo predominante las publicaciones realizadas del año 2020 en adelante, con el 50% de los artículos. Adicionalmente, se evidenció que la mitad de los artículos fueron publicados en USA, seguido por países europeos (40%) y un país suramericano (Chile). (**Grafica 2**). En cuanto al personal en entrenamiento, se encontró que la mayoría (88%), no contaba con experiencia previa en técnicas microquirúrgicas.

Tabla 5. Descripción general de artículos

| Titulo | Autores | Año de publicación | País de publicación | Población | | | | | Experiencia previa | |
|---|------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-----------|------------|---|----------------|--------------------|-----------------|
| | | | | Micro cirujanos | Cirujanos | Residentes | Médico general / Estudiante de medicina | Investigadores | Sin experiencia | Con experiencia |
| Robotic microsurgery: validating an assessment tool and plotting the learning curve | Alrasheed et al. (24) | 2014 | USA | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| A Comparison of Robotically Assisted Microsurgery versus Manual Microsurgery in Challenging Situations | Willems et al.(25) | 2016 | USA | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| High definition three-dimensional exoscope (VITOM 3D) for microsurgery training: a preliminary experience | De Virgilio et al.(19) | 2020 | ALEMANIA | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 22 | 0 |
| 3D Exoscope-Assisted Microvascular Anastomosis: An Evaluation on Latex Vessel Models | Pinto et al. (26) | 2020 | SUIZA | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Acquisition of basic microsurgery skills using home-based simulation training: a randomised control study | Malik et al. (27) | 2017 | REINO UNIDO | 0 | 0 | 0 | 39 | 0 | 39 | 0 |
| Global Health Microsurgery Training With Cell Phones | Inchauste et al. (28) | 2020 | USA | 0 | 9 | 7 | 0 | 0 | 16 | 0 |
| Validating a Low-Fidelity Model for Microsurgical Anastomosis Training | Mohammad et al. (21) | 2021 | USA | 5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| A Novel Application of Digital Microscope for Microsurgery Training | Sayadi et al. (3) | 2020 | USA | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| e-Learning microsurgical training | Cifuentes et al. (29) | 2018 | CHILE | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 |
| Off-the-Job microsurgical training on dry models: Siberian experience | Belykh et al. (30) | 2014 | RUSIA | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 15 | 0 |

*USA: Estados Unidos de Norteamérica

Gráfica 2. Cantidad de artículos incluidos según país de publicación.



En la tabla 6, se exponen las nuevas tecnologías de magnificación de la imagen, las cuales fueron agrupadas según el costo de las mismas en alto y bajo costo. Dentro del grupo de alto costo se encontraron 2 dispositivos (Sistema quirúrgico Da Vinci y Exoscopio 3D de alta definición (VITOM®)), en las tecnologías de bajo costo se encontraron múltiples herramientas de magnificación como lo es el microscopio digital, microscopio trinocular, estéreo microscopio y equipos de uso diario como celulares inteligentes y tabletas digitales, con un valor aproximado de los grupos entre 150.000 a 2 millos de dólares y 34 a 10.000 dólares respectivamente.

En el desarrollo de las actividades del entrenamiento microquirúrgico, se pueden evidenciar la utilización de diferentes especímenes biológicos y no biológicos. En la revisión de alcance, se encontró que la mayoría de modelos de práctica (70%), eran de origen no biológico como los microvasos artificiales, fideos canulados, guantes de látex y gasas. Los modelos biológicos con un porcentaje menor (10%), y modelos mixtos (Biológicos y No biológicos) con un 20% del total.

Tabla 6. Descripción de nuevas tecnologías, costos y modelos de entrenamiento microquirúrgico

| Titulo | Nuevas tecnologías de magnificación de la imagen | Costo | Modelo de practica | Ejercicio de entrenamiento |
|--|--|--------------|--|--|
| | | (aproximado) | | |
| Robotic microsurgery: validating an assessment tool and plotting the learning curve (24) | Sistema quirúrgico Da Vinci | \$2 Millones | - modelos no biológicos (microvasos artificiales) | Cuatro evaluadores expertos cegados, calificaron 6 videos de microcirugía robótica y se determinó la confiabilidad entre evaluadores. "Diez cirujanos plásticos participaron en este estudio, nueve de los cuales completaron las cinco sesiones de video. Cada cirujano realizó cinco anastomosis microquirúrgicas asistidas por robot. Todas las sesiones fueron grabadas. Las 50 sesiones se sometieron a una evaluación ciega utilizando el instrumento de evaluación. Las medidas de resultado primarias incluyeron cambios en el tiempo operatorio durante las cinco sesiones y cambios en los puntajes de evaluación para todas las áreas de habilidad. Para el modelo experimental, se fijó un recipiente sintético de 3 mm (Biomet, Varsovia, IN) a una plataforma de espuma simple. El vaso se dividió por la mitad y luego se aseguró con una pinza vascular doblemente opuesta. Para la configuración del robot se utilizaron dos brazos articulados equipados con pinzas Black Diamond y un endoscopio de alta definición de 0 grados." |
| A Comparison of Robotically Assisted Microsurgery versus Manual Microsurgery in Challenging Situations (25) | Sistema quirúrgico Da Vinci | \$2 Millones | - modelos no biológicos (microvasos artificiales) | Dos investigadores sin experiencia previa en cirugía o microcirugía realizaron 160 anastomosis en microvasos artificiales después de someterse a cursos de microcirugía tradicional y asistida por robot estandarizados. Se crearon cinco grupos de exposición diferentes con profundidades de 0, 10 y 20 cm y ángulos de pared lateral de 20 y 30 grados. Se llevó a cabo una comparación de 80 anastomosis de microcirugía asistida por robot con 80 manuales en diferentes grupos de exposición. |
| High definition three-dimensional exoscope (VITOM 3D) for microsurgery training: a preliminary experience (19) | Exoscopio 3D de alta definición (VITOM®) | €150,000.00 | - modelos no biológicos (monedas, modelo estándar de craneotomía pterional (UpSim by UpSurgeOn®), maniquí en silicona tamaño real, gasa fijada en una superficie). | Veintidós estudiantes de medicina sin experiencia microquirúrgica, se realizó previamente una capacitación, durante la cual se les brindaron las propiedades generales de VITOM® y las instrucciones de manipulación. Se proyectó un ejemplo de cada ejercicio para asegurar que todos los estudiantes habían entendido las tareas solicitadas. Todos los estudiantes realizaron los siguientes ejercicios, capaces de evaluar las habilidades microquirúrgicas básicas 1- Prueba de maniobra (cuatro monedas diferentes) 2- Prueba del modelo pterional (Se colocaron tres barras de metal diferentes dentro del tejido cerebral con diferentes profundidades relacionadas con las estructuras neurovasculares del modelo). 3- Prueba micro laringea (para este ejercicio se utilizó un maniquí de silicona de tamaño humano). 4- Prueba de gasa (se fijó una sola hoja de gasa sobre una superficie grasa). |
| 3D Exoscope-Assisted Microvascular Anastomosis: An Evaluation on Latex Vessel Models (26) | Exoscopio 3D de alta definición (VITOM®) | €150,000.00 | - modelos no biológicos (microvasos artificiales) | Se solicitó a seis microcirujanos con varios niveles de experiencia que realizaran tres anastomosis termino-terminales y dos anastomosis termino-laterales en modelos de vasos de látex, utilizando como sistema de aumento el exoscopio VITOM® 3D 4K. |

| | | | | |
|--|--|-----------------------|--|---|
| Acquisition of basic microsurgery skills using home-based simulation training: a randomised control study (27) | Microscopio de laboratorio Tableta Digital (Apple iPad) Microscopio de entrenamiento en casa (Microscopio de joyero) | £9999 £419 £249 | - modelos biológicos (arteria femoral del pollo) | Treinta y nueve participantes fueron asignados a cuatro grupos. Ninguno de los participantes tenía habilidades microquirúrgicas antes del entrenamiento. Todos los participantes recibieron una conferencia introductoria sobre las habilidades y el equipo de microcirugía, seguida de una demostración de una anastomosis de la arteria femoral de pollo por parte de un microcirujano consultor. A partir de entonces, los participantes fueron aleatorizados antes de la evaluación inicial de sus habilidades de microcirugía mediante la realización de la tarea demostrada. Excepto el grupo control, todos los participantes recibieron entrenamiento en sus respectivos grupos. Los cuatro grupos fueron reevaluados, un mes más tarde, utilizando la tarea de anastomosis de la arteria femoral de pollo. |
| Global Health Microsurgery Training with Cell Phones (28) | Celulares Inteligentes | \$1,000 | - modelos no biológicos (2 y 3 mm tubos de silicona). | Los 16 participantes tenían su propio teléfono celular con capacidad de zoom y se colocaron en un soporte sobre una estación de práctica de microcirugía. Seis cirujanos docentes del Hospital Universitario General Calixto Gracia de La Habana, Cuba, y 3 docentes y 7 residentes en prácticas del Hospital Central de Hué' en Hué', Vietnam, practicaron la microcirugía. Las estaciones microquirúrgicas de práctica tenían vasos de práctica entre 2,0 y 3,0 mm. |
| Validating a Low-Fidelity Model for Microsurgical Anastomosis Training (21) | Estereo microscopio Trinocular | \$1,000 | - modelos no biológicos (KS fideos canulado) | Quince participantes, divididos en 3 grupos según su experiencia en microcirugía, intentaron anastomosis microquirúrgicas de un fideo KS canulado utilizando el microscopio IITS. Se pidió a los participantes que (1) manipularan los extremos de los fideos adyacentes entre sí, (2) colocaran una sola sutura de nailon 7-0 a través de los extremos opuestos y (3) completaran la anastomosis. |
| A Novel Application of Digital Microscope for Microsurgery Training (3) | Microscopio Digital Tableta digital | \$34 \$600 | - modelos no biológicos (guante de látex quirúrgico sobre un marco de madera). - modelos biológicos (muslo de pollo). | Dos residentes junior de cirugía plástica participaron en múltiples sesiones de capacitación. Durante cada sesión, los residentes completaron dos sesiones de una tarea de atado de nudos y una tarea de anastomosis de vasos de pollo. Las sesiones fueron grabadas en la tableta, fotografiadas y calificadas por un microcirujano experimentado |
| e-Learning microsurgical training (29) | Estereo microscopio Trinocular | \$1,000 | - modelos no biológicos (látex, vinilo) - modelos biológicos (alas y muslos de pollos) | Seis estudiantes de medicina fueron entrenados a través de un programa de dificultad progresiva basado en modelos no biológicos y anastomosis utilizando una arteria del muslo y ala de pollo no vivo. Usando una plataforma en línea, los estudiantes revisaron los videos instructivos para cada lección del entrenamiento, registrando su progreso y enviando un video al instructor para su evaluación. Las correcciones se entregaron a través de la misma plataforma. comparando la sesión inicial y final. |
| Off-the-job microsurgical training on dry models: Siberian experience (30) | Estereo microscopio | \$910 | - modelos no biológicos (guante de latex- atado en gasa - tubos de silicona de 1 mm). | Quince participantes sin experiencia previa en microcirugía realizaron 5 ejercicios de entrenamiento microquirúrgico, que consistían en micro disección en un campo quirúrgico profundo, sutura y atado con gasa, desatado, empuje del extremo del hilo y micro anastomosis. durante la actividad se evaluó el tiempo para completar la tarea y la tasa de éxito. |

Dentro de las EEH, podemos observar en la tabla 7, las escalas utilizadas en los artículos seleccionados, según el dispositivo de magnificación implementado, observando en los dispositivos de alto costo la aplicación de EEH como SARMS, VITOM y OSATS modificado; en las tecnologías de bajo costo las escalas SMaRT, SAMS, UWOMSA, OSATS, NOMAT, hoja de puntuación técnica de microcirugía, OSATS modificado y OSATS global, encontrando un desarrollo adecuado básico y progresivo de habilidades con los diferentes elementos de magnificación; con ventajas y desventajas de cada dispositivo, que pueden ser dependientes de la experiencia obtenida y del entrenamiento continuo, que evidencia puntajes superiores en la evaluación secuencial de habilidades, pudiendo ser opciones prometedoras para el entrenamiento y adquisición de habilidades microquirúrgicas.

En los dispositivos de alto costo con elementos de magnificación robóticos (24,25), se evidencia que, las habilidades microquirúrgicas aumentaron en cada sesión de práctica sucesiva medidas con la escala SARMS, con disminuciones constantes en el tiempo operatorio en el transcurso de las sesiones. La experiencia previa, juega un papel importante, teniendo en cuenta como resultado, que los participantes con experiencia en microcirugía convencional y laparoscopia, en general tuvieron un mejor desempeño en las tareas de microcirugía robótica; principalmente en las habilidades de movimiento y movimiento de la cámara. Al comparar estos dispositivos de microcirugía robótica con los dispositivos de microcirugía manual, esta última, fue superior a la microcirugía asistida por robot en exposiciones técnicamente fáciles. Sin embargo, en exposiciones difíciles (mayor profundidad y menor angulación de la pared lateral), la microcirugía asistida por robot tuvo un tiempo quirúrgico más corto con mayor ergonomía y puntajes de escala OSATS similares a los de la microcirugía tradicional en cuanto a la calidad de la anastomosis y el manejo de los microvasos.

El exoscopio 3D de alta definición (VITOM®) (19,26), es otro dispositivo de magnificación de la imagen de alto costo, que demostró en los artículos, según la escala de evaluación de la calidad VITOM, que la mayoría de los ítems individuales fueron calificados como buenos o muy buenos (94,4%). Dentro de los ítems calificados como buenos por el 80% de los estudiantes, tenemos la alta calidad de la imagen (95%), el buen rango de aumento (91%), el efecto estereoscópico (86%) y el adecuado enfoque (82%). También se describen otros ítems a favor como la fuerte luminancia, excelente libertad de movimiento y la ergonomía superior que permite una postura relajada mientras se realiza la anastomosis. Demostrando ser fácil de usar, con una evaluación subjetiva de los participantes, que el sistema de magnificación de la imagen VITOM® 3D, puede ser prometedor en términos de calidad tecnológica y viabilidad técnica.

En cuanto a los dispositivos de bajo costo, se realizó la aplicación de un único dispositivo de magnificación de la imagen en el 83,4% (n:5/6), donde el objeto de magnificación más utilizado fue el estero microscopio, con el 60% (n: 3/5).

En el 2021, Mohammad y colaboradores (21) , utilizaron el estero microscopio trinocular, evaluado por medio de la ficha técnica de puntuación en microcirugía

como EEH, con un puntaje máximo de 53 puntos, obteniendo una media de 50 entre los microcirujanos, 40 entre los aprendices experimentados y 27 entre los novatos. Demostrando de esta manera, que a mayor nivel de formación; mayor puntuación en la ficha técnica descrita. Además, los microcirujanos consideraron que el estero microscopio trinocular era un análogo cercano a un microscopio quirúrgico para el entrenamiento.

Dentro de las aplicaciones del estero microscopio como elemento de magnificación, en el artículo publicado en Chile, por Cifuentes y colaboradores (29), llevaron a cabo la aplicación del dispositivo con la escala UWOMSA, demostrando con el uso de una plataforma en línea, la mejoría de las habilidades, con un aumento de la puntuación en la práctica de atado de nudos y en la realización de la anastomosis, llegando a la conclusión, que es factible implementar un sistema de evaluación remota, superando las limitaciones del modelo tradicional.

La experiencia obtenida en Siberia, Rusia (30), con modelos no biológicos y la magnificación del estero microscopio, evaluando el desarrollo de habilidades con la escala NOMAT, con un puntaje máximo de 100 puntos, en el cual participaron 15 residentes sin experiencia microquirúrgica, demostró, una puntuación media de la escala NOMAT de 36 al inicio del entrenamiento y de 65 para los participantes que continuaron el entrenamiento. Adicionalmente el tiempo promedio para la realización de la anastomosis disminuyó después del mes de entrenamiento de 90 a 20 minutos. A los 2 meses, el tiempo total y el tiempo para completar la anastomosis aumentaron significativamente para los participantes que interrumpieron la práctica después del primer mes, en comparación con los que continuaron practicando la sutura con gasa después del primer mes, lo cual sugieren que el entrenamiento microquirúrgico debe ser continuo y repetitivo.

En uno artículos, se realizó la implementación de 3 dispositivos de magnificación como lo son: el microscopio de laboratorio, la Tableta Digital -Apple iPad- y el Microscopio de joyero; con un grupo control (sin entrenamiento). Se realizó la aplicación de la escala de evaluación SAMS, demostrando una mejoría estadísticamente significativa en todos los brazos de entrenamiento entre la línea de base y el entrenamiento posterior con relación al tiempo necesario para completar la sutura y anastomosis microquirúrgica con reducción en la tasa de fugas, demostrando que en las primeras etapas de la adquisición de habilidades, el entrenamiento en el hogar utilizando el microscopio de joyero o la tableta -iPad-, pueden generar resultados comparables al entrenamiento en laboratorio utilizando un microscopio de mesa, permitiendo el desarrollo de habilidades microquirúrgicas desde casa, siendo rentable, viable y de fácil acceso.

En los dispositivos digitales de bajo costo encontramos: el teléfono inteligente y el microscopio digital. Los teléfonos inteligentes, son usados de forma amplia y masiva, disponibles incluso en países de bajos y medianos ingresos, representando una alternativa de entrenamiento frente a las lupas y el microscopio tradicional. En el estudio realizado en el 2020 por el Departamento de cirugía plástica de la Universidad de Stanford (28), usaron la cámara de un teléfono celular con aumento de la imagen y enfoque en el entrenamiento microquirúrgico, midiendo el progreso de los

participantes, con la escala SMaRT, demostrando mejoría de mínimo una categoría de la escala. Como desventaja en relación con las lupas de magnificación, se describió una disminución en la percepción de la profundidad y la claridad del campo. Ante todo lo anterior descrito, es propuesto como una alternativa de bajo costo para la enseñanza y el entrenamiento microquirúrgico, en países de bajos a medianos ingresos, donde el acceso a las lupas o el microscopios quirúrgicos es limitado.

El microscopio digital utilizado como elemento de entrenamiento microquirúrgico, demuestra ser una opción prometedora de bajo costo. En el artículo publicado por Sayadi y colaboradores(3), en el cual se describe y evalúa una aplicación novedosa de un microscopio digital compatible con dispositivos inteligentes, en el que se puede ampliar de forma constante y fiable los campos microquirúrgicos, con la aplicación de tres EEH, como las escalas UWOMSA, OSATS y OSATS global. Evidenciando una mejora estadísticamente significativa en 16 áreas, evaluadas durante cada sesión de entrenamiento; con un aumento medible de las habilidades en los alumnos con el uso del microscopio digital, así como actitudes favorables de los alumnos hacia su uso, lo que podría representar una valiosa aplicación para la educación microquirúrgica en cirugía plástica, si tenemos en cuenta que el tiempo que se pasa bajo el microscopio suele ser un factor limitante, a medida que los residentes de cirugía plástica buscan lograr las competencias necesarias en microcirugía.

Tabla 7. Según Escalas de evaluación y Resultados obtenidos en el estudio

| Titulo | Escala de Evaluación | Resultados |
|--|--|--|
| Robotic microsurgery: validating an assessment tool and plotting the learning curve (24) | SARMS (Structured Assessment of Robotic Microsurgery Skills) | En general, las habilidades microquirúrgicas aumentaron en cada sesión de práctica sucesiva medidas con la escala SARMS. Para todas las habilidades de microcirugía robótica, los datos confirmaron que cuantas más sesiones, mejores son las habilidades (todos los β son > 0). Entre ellos, el manejo atraumático de la aguja y el manejo atraumático del tejido mejoraron más rápido (β 1/4 0,60 y 0,57, respectivamente). La experiencia microquirúrgica y el número de horas del simulador robótico se asociaron con ciertas habilidades microquirúrgicas robóticas. Los participantes con niveles más altos de experiencia en microcirugía convencional se desempeñaron mejor en general en las tareas de microcirugía robótica (β 1/4 0,32, p 1/4 0,048). La experiencia robótica previa, la experiencia laparoscópica y la experiencia con videojuegos no mostraron ningún impacto en las habilidades de microcirugía robótica. Tanto la experiencia en microcirugía como la experiencia en laparoscopia se relacionaron con una rápida mejoría en las habilidades de movimiento y movimiento de la cámara. Todos los participantes experimentaron disminuciones constantes en el tiempo operatorio en el transcurso de las cinco sesiones. Los tiempos operatorios más cortos se asociaron con la experiencia microquirúrgica previa, pero no con la experiencia con videojuegos o laparoscópica, y los cambios en los tiempos operatorios fueron independientes de cualquier experiencia. |
| A Comparison of Robotically Assisted Microsurgery versus Manual Microsurgery in Challenging Situations (25) | OSATS modificada (Modified Objective Structured Assessment of Technical Skills) | En la exposición del campo de trabajo más difícil, las puntuaciones de la escala de OSATS fueron similares en ambos grupos ($p = 0,98$), la duración fue mayor en el grupo manual ($p = 0,004$) y la calificación de comodidad subjetiva fue mayor en el grupo de microcirugía asistida por robot ($p < 0,001$). En la exposición más fácil (profundidad de 0 cm, plana), las puntuaciones de la escala OSATS fueron más altas en el grupo manual ($p = 0,018$) y el tiempo de duración fue mayor en el grupo de microcirugía asistida por robot ($p = 0,008$). La cirugía manual fue superior a la microcirugía asistida por robot en exposiciones técnicamente fáciles. Sin embargo, en exposiciones difíciles (mayor profundidad y ángulos inferiores de la pared lateral), la microcirugía asistida por robot tuvo un tiempo de cirugía más corto y una calificación de comodidad más alta, con puntajes de escala OSATS similares a los de la microcirugía tradicional. |
| High definition three-dimensional exoscope (VITOM 3D) for microsurgery training: a preliminary experience (19) | VITOM Quality Assessment Tool | La mayoría de los ítems individuales fueron calificados como buenos o muy buenos (94,4%), independientemente de los dos grupos. Calidad de imagen (95%), rango de aumento (91%), efecto estereoscópico (86%) y enfoque (82%), representaron los elementos mejor calificados, como muy buenos por el 80% de los estudiantes. No hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos en casi todos los elementos de la herramienta de evaluación de calidad VITOM ($p > 0,05$), excepto por la luminancia, que fue el único ítem que resultó ser mejor en el grupo V ($p = 0,04$). El tiempo necesario para realizar cada ejercicio mostró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en dos pruebas ($p < 0,05$). Este estudio demostró la viabilidad de una formación en microcirugía basada en VITOM. La evaluación subjetiva de los estudiantes del sistema VITOM® 3D fue prometedora en términos de calidad tecnológica y viabilidad técnica. |
| 3D Exoscope-Assisted Microvascular Anastomosis: An Evaluation on Latex Vessel Models (26) | VITOM Quality Assessment Tool | Un buen enfoque del campo quirúrgico; alta calidad de imagen; fuerte luminancia; buen aumento; estereoscopia clara; y excelente libertad de movimiento. El exoscopio demostró ser fácil de usar. Se registró una reducción constante en el tiempo necesario para realizar la anastomosis microquirúrgica en cada ejercicio. Entre otras ventajas se encuentran el fácil cambio de la imagen ampliada a la vista macroscópica, la ergonomía superior que permite una postura relajada mientras se realiza la anastomosis, el espacio adecuado y un entorno conveniente para que los asistentes vean el campo quirúrgico. Demostrando, que el exoscopio VITOM 3D se puede utilizar con éxito como herramienta de aumento para anastomosis microquirúrgicas en vasos sintéticos, y que también puede ser útil durante los cursos de formación en microcirugía. |

| | | |
|--|---|--|
| Acquisition of basic microsurgery skills using home-based simulation training: a randomised control study (27) | SAMS (Structured assessment of microsurgery skills) | No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos al inicio del estudio. Hubo una mejora estadísticamente significativa en todos los brazos de entrenamiento entre la línea de base y el entrenamiento posterior según la escala SAMS, en cuanto al tiempo necesario para completar la sutura y anastomosis. Además, se observó una reducción en la tasa de fuga. No se observaron diferencias estadísticas entre los brazos de entrenamiento. El estudio demostró que, en las primeras etapas de la adquisición de habilidades microquirúrgicas, el entrenamiento en el hogar utilizando el microscopio de joyero o el iPad genera resultados comparables al entrenamiento basado en laboratorio utilizando un microscopio de mesa. Por lo tanto, la capacitación en microcirugía domiciliar es una modalidad rentable, viable y de fácil acceso que permite a los alumnos practicar y apropiarse del desarrollo de sus habilidades técnicas en esta área. |
| Global Health Microsurgery Training With Cell Phones (28) | SMaRT (Stanford Microsurgery and Resident Training) | Los teléfonos celulares con función de zoom están ampliamente disponibles incluso en países de bajos y medianos ingresos. Se utilizó un teléfono celular en un soporte sobre una estación de práctica de microcirugía. La cámara se usó para hacer zoom y enfocar la estación de sutura, para imitar un campo quirúrgico con lupas o microscopio. Nueve cirujanos asistentes y siete residentes practicaron el entrenamiento en microcirugía con instrumentos microquirúrgicos y sutura de nailon 9-0 bajo la lupa de la cámara de un teléfono celular. Se utilizó la Escala SMaRT, para seguir su progreso. 5/16 participantes completaron una evaluación inicial y una evaluación posterior al curso medido con la escala SMaRT, con la configuración del teléfono celular. Los 5 participantes demostraron una mejoría en al menos 1 categoría de la escala SMaRT. En relación con el teléfono inteligente, la percepción de la profundidad y la claridad del campo pueden no ser tan buenas como lo es con las lupas. El teléfono celular con capacidad de zoom es una alternativa de bajo costo para el entrenamiento en las suturas microquirúrgicas en países de ingresos bajos a medianos donde el acceso a lupas o microscopios quirúrgicos es extremadamente limitado. |
| Validating a Low-Fidelity Model for Microsurgical Anastomosis Training (21) | Microsurgery technical scoring sheet. | Los microcirujanos consideraron que el estero microscopio trinocular era un análogo cercano a un microscopio quirúrgico (4,6/5 puntos), el modelo combinado tenía un alto valor educativo (4,7/5 puntos) y cierta similitud técnica con la microcirugía en el quirófano (OR) (3,7/5 puntos). La puntuación técnica media fue de 50 entre los microcirujanos, 40 entre los aprendices experimentados y 27 entre los novatos. El mayor nivel de formación se asoció con una mayor puntuación técnica entre los 3 grupos ($p=0,002$). La mediana del tiempo hasta la anastomosis fue de 5,88 minutos para microcirujanos, 8,37 minutos para aprendices experimentados y 17,10 minutos para novatos. El mayor nivel de entrenamiento se asoció con una disminución en el tiempo de la anastomosis ($p = 0,003$). |
| A Novel Application of Digital Microscope for Microsurgery Training (3) | UWOMSA (University of Western Ontario Microsurgery Skills Acquisition/ Assessment) OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills) OSATS-Global | Se observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la técnica microquirúrgica en 16 áreas evaluadas por las escalas de evaluación estandarizadas. La escala UWOMSA se encontró en calidad de nudo de S1 a S3 ($p < 0,05$) y puntuación total de S1 a S3 ($p < 0,05$). Se encontró una mejora significativa en la puntuación específica de la escala OSATS para la puntuación total de S1 a S2 ($p < 0,05$) y de S1 a S3 ($p < 0,05$). Se demostró una mejora significativa en la escala OSATS global en el manejo de instrumentos de S1 a S3 ($p < 0,01$), y manejo de suturas de S1 a S3 ($p < 0,01$), la calidad del producto final de S1 a S2 ($p < 0,05$) y de S1 a S3 ($p < 0,01$), y la puntuación total de S1 a S3 ($p < 0,001$). Para la tarea de anastomosis, la escala UWOMSA reveló mejoras estadísticamente significativas en la técnica de sutura de S1 a S2 ($p < 0,05$) y de S1 a S3 ($p < 0,0001$), calidad del producto final de S1 a S2 ($p < 0,05$) y en puntuación total de S1 a S2 ($p < 0,05$). La puntuación específica de la escala OSATS demostró una mejora significativa en la puntuación total de S1 a S2 ($p < 0,01$) y de S1 a S3 ($p < 0,01$). Mejora significativa en la escala global OSATS, el respeto por el tejido mejoró significativamente de S1 a S2 ($p < 0,05$), así como el tiempo y el movimiento de S1 a S2 ($p < 0,0001$) y de S1 a S3 ($p < 0,01$), manejo de instrumentos de S1 a S3 ($p < 0,05$), calidad del producto final de S1 a S2 ($p < 0,01$) y de S1 a S3 ($p < 0,01$), y puntuación total de S1 a S2 ($p < 0,01$) y de S1 a S3 ($p < 0,05$). Según las encuestas completadas por los |

| | | |
|--|---|---|
| | | participantes después de cada sesión, los residentes tenían un 90 % de probabilidad de: usar el dispositivo para practicar microcirugía en casa, recomendar el dispositivo a otros colegas y respaldar la utilidad del dispositivo para mejorar su conjunto de habilidades microquirúrgicas. |
| e-Learning microsurgical training (29) | UWOMSA (University of Western Ontario Microsurgery Skills Acquisition/ Assessment) | Es factible implementar un sistema de evaluación remota. Todos los estudiantes aumentaron sus puntajes al final del entrenamiento. Con la escala UWOMSA al evaluar la destreza del alumno atando nudos, la mediana y el rango intercuartil de la sesión de diagnóstico fue de 3 (3-3), mientras que en la sesión final fue de 10.5 (9-12). Por último, al evaluar la habilidad para realizar la anastomosis, la mediana y el rango intercuartil de la puntuación obtenidos en la sesión de diagnóstico fue de 3 (3-3), mientras que al final el entrenamiento fue de 10 (9-12). Es posible aumentar la habilidad microquirúrgica sin la presencia física de un instructor, utilizando plataformas de instrucción en línea, superando las limitaciones del modelo tradicional. |
| Off-the-job microsurgical training on dry models: Siberian experience (30) | NOMAT (North-western Objective Microanastomosis Assessment Tool) | El tiempo promedio de realización de la anastomosis disminuyó después del mes de entrenamiento de 90 a 20 minutos. A los 2 meses, el tiempo total y el tiempo para completar la anastomosis aumentaron significativamente para los participantes que interrumpieron la práctica después del primer mes, en comparación con los que continuaron practicando la sutura con gasa después del primer mes (p < 0,01). La puntuación media de la escala NOMAT fue de 36 para los principiantes y de 65 para los participantes experimentados. |

13. Discusión

Es importante resaltar, el creciente interés en este tema a nivel mundial, con un incremento significativo en los artículos publicados, en los últimos 20 años. Según se pudo establecer, esta es la primera revisión de alcance relacionada con las nuevas tecnologías de magnificación de la imagen en el entrenamiento microquirúrgico, diferentes a los modelos tradicionales como lo son el microscopio quirúrgico y las lupas de magnificación; encontrando múltiples artículos asociados, sin embargo, con una reducción importante de estos, debido a que pocos implementan EEH, de suma importancia para medir las competencias necesarias en el desarrollo adecuado de habilidades, además de no tener límites relacionados con los costos de los dispositivos.

En la revisión sistemática de la literatura publicada en el año 2022 por Chen y colaboradores(31), se identificó un total de 24 modelos de entrenamiento sin microscopio, con un aumento comparativo, según los 9 modelos de entrenamiento interactivo previamente publicados en una revisión sistemática en el año 2020 (12), lo que refleja el impacto creciente de la tecnología digital en la capacitación de los cirujanos en los últimos años, cabe resaltar, que los dispositivos digitales incluidos eran de bajo costo y no tuvieron en cuenta las EEH como criterio de inclusión.

Las habilidades en microcirugía se gana con horas de práctica. En las etapas iniciales, existen algunas limitantes para el desarrollo de la habilidades, como lo son la coordinación visuoespacial y el manejo de instrumentos, que impiden el progreso del cirujano (32). Tener diferentes opciones de magnificación para lograr los objetivos en el desarrollo de habilidades es de vital importancia para lograr los objetivos básicos, además de ofrecer una amplia oferta de los mismos sin limitantes de espacio y tiempo.

Esta descrito, que la adquisición de habilidades quirúrgicas en general, es un proceso largo y arduo, dando como resultado en gran medida, el desplazamiento de los quirófanos a los laboratorios para favorecer una mayor oportunidad de práctica (33). Existen algunos factores que pueden genera disminución de la oportunidad en la formación microquirúrgica como los elevados costos de los modelos tradicionales, presencialidad,

poca disponibilidad de dispositivos, entre otros, que han llevado a generar una necesidad adicional de proporcionar soluciones innovadoras para que los alumnos puedan practicar y perfeccionar sus habilidades microquirúrgicas en un ambiente controlado y seguro.

De los 10 artículos incluidos (**Tabla 5**), el 88% del personal en entrenamiento no contaba con experiencia previa en técnicas microquirúrgicas, sin embargo la adquisición de habilidades es la suma de múltiples factores, dentro de los cuales tenemos la secuencialidad, frecuencia y la accesibilidad para realizar los entrenamientos. Teniendo en cuenta lo demostrado por Starkes y colaboradores (34), cuando se realiza una juiciosa repetición de los ejercicios, los microcirujanos novatos, mostraron una mejora estadísticamente significativa en la curva de aprendizaje.

Existen múltiples EEH para medir el nivel del personal en entrenamiento, sin embargo la fuerza de estas radica en la capacidad de evaluar objetivamente las habilidades de los alumnos, además de proporcionar información adecuada sobre las áreas que deben mejorarse. En la revisión sistemática de la literatura, realizada por Sharma y colaboradores, reportaron que dentro de las escalas de evaluación más utilizadas y validadas, están, las escalas OSATS y NOMAT. De las escalas más nuevas, con división de las habilidades, se encontraron las escalas UWOMSA y SAMS (32).

Teniendo en cuenta la importancia de la evaluación de las habilidades durante el entrenamiento, como medida de desarrollo, seguimiento y consecución de logros, de manera indirecta, podría ayudar a demostrar la aplicabilidad de un dispositivo. En los artículos incluidos en la revisión de alcance, el costo de los dispositivos no representó una limitante, los cuales fueron agrupados como dispositivos de alto y bajo costo, además, se tuvo en cuenta las EEH aplicadas durante el entrenamiento y los resultados obtenidos (**Tabla 6 y Tabla 7**).

En los dispositivos de alto costo con un valor aproximado entre 150.000 a 2 millos de dólares, se encontró el Sistema quirúrgico Da Vinci y el Exoscopio 3D de alta definición. En los dispositivos robóticos se evidencia que la experiencia previa, da un valor agregado, principalmente en habilidades como precisión del movimiento y manipulación de la cámara, además se pudo evidenciar con la escala SARMS (24), incremento en las

habilidades microquirúrgicas con cada sesión de práctica, con un aumento en el promedio global y en el indicador de habilidades calificado como bueno con un puntaje de 3.89/5.0, además, disminución del tiempo de anastomosis con un promedio inicial de 30.1 minutos a 18.9 minutos. Una de las ventajas de la cirugía robótica, radica principalmente, en los escenarios de práctica con campos de trabajo técnicamente difíciles, demostrando un menor tiempo quirúrgico y una mayor ergonomía, con puntajes de escala OSATS similares a los de la microcirugía tradicional, en cuanto a la calidad de la anastomosis y el manejo de los microvasos (25). Por otra parte, dentro de los factores a favor del exoscopio, se describen la superioridad en la luminancia, calidad de imagen, libertad de movimiento y ergonomía, con puntajes evaluados como buenos a muy buenos según la escala VITOM (19,26).

Con un rango de costos entre 34 a 10.000 dólares, en los dispositivos de bajo costo, el estereomicroscopio, fue el dispositivo más empleado de los artículos incluidos, en donde se implementaron diferentes EEH como lo son: la ficha técnica de puntuación en microcirugía, UWOMSA y NOMAT. Demostrando con la primer escala, el impacto que tiene el nivel de formación previo en microcirugía, con valores más altos para microcirujanos 50/53 en comparación con los novatos 27/53 (21). En otro artículo, se pudo demostrar, mediante la escala UWOMSA, una mejoría en el desarrollo de habilidades con una plataforma en línea, que permite la evaluación remota (29). Con la escala NOMAT, se pudo evidenciar puntajes bajos al inicio del entrenamiento (36/100), con mejoría comparativa entre las sesiones (65/100), demostrando que el entrenamiento microquirúrgico debe ser continuo y repetitivo para obtener los mejores resultados (30). Otra opción de entrenamiento, que puede generar mayor disponibilidad de escenarios de práctica, es el entrenamiento microquirúrgico desde casa, ofreciendo algunas ventajas como ser rentable, viable y de fácil acceso. Se pudo demostrar la utilidad de los dispositivos para el desarrollo de habilidades básicas microquirúrgicas desde casa con el microscopio de joyero o la tableta -iPad-, en comparación con el entrenamiento en laboratorio, evaluado con la escala SAMS (27), con la que se demostró una mejora estadísticamente significativa comparativamente al inicio del estudio y al finalizar en todos los aspectos evaluados.

Los teléfonos inteligentes, representan una alternativa digital de magnificación emergente, con la que se podrán generar más opciones aplicables en múltiples áreas de la salud, principalmente en la educación, adquisición y desarrollo de habilidades, demostrado en múltiples publicaciones (35–41) . Esta evolución de los dispositivos digitales, se da principalmente por factores como los bajos costos, adecuada disponibilidad, fácil portabilidad y accesibilidad, mejorando progresivamente el desarrollo de las cámaras y de la calidad de la imagen digital, con dispositivos más avanzados que permiten una mayor capacidad de magnificación, permitiendo al mismo tiempo la grabación de la práctica, para ser evaluada por un experto y proporcionar una retroalimentación en tiempo real del ejercicio (35). En el trabajo realizado por Inchauste y colaboradores, se demostró con la escala SMaRT, mejoría en mínimo un ítem de la misma, permitiendo concluir, que es posible usar un soporte para teléfono celular y una cámara de un teléfono celular con capacidad de zoom, con la finalidad de magnificar el campo quirúrgico durante la enseñanza y práctica de las suturas en microcirugía (28), como desventaja del uso de los celulares inteligentes se describe similar a otras publicaciones como la pérdida de la visión binocular, o vista estereoscópica, que dificultaba las estimaciones de profundidad en el campo, cuando se trabaja en tres dimensiones. (28,36,42)

Los microscopios digitales han demostrado hasta el momento, ser un instrumento de gran valor educativo en el entrenamiento microquirúrgico (43). Ofreciendo ventajas dentro de los dispositivos de bajo costo como son el hecho de ser liviano, económico, portable, de fácil instalación y permitir los más altos niveles de aumento con claridad de la imagen, además de tener la capacidad de tomar fotografías y grabaciones del ejercicio, demostrando con la aplicación del dispositivo y medición con las escalas UWOMSA, OSATS y OSATS global, mejoras medibles en las habilidades durante el entrenamiento. De las desventajas reportadas del dispositivo se encuentra una limitada percepción de profundidad debido a la visión monocular que ofrece el microscopio digital. (3)

Esta revisión de alcance se encuentra limitada principalmente por la heterogeneidad en los grupos de trabajo de los diferentes artículos, en cuanto al número de personas en entrenamiento, donde la muestra más alta fue de 39 personas, además, la mayoría del

personal no contaba con experiencia en microcirugía, que limita obtener resultados relevantes sobre la favorabilidad de la continuidad del entrenamiento en personal con experiencia sobre dichos dispositivos de magnificación. También se encontró la aplicación de múltiples EEH, con diferentes métodos de práctica, por lo cual, se obtienen resultados que no pueden ser comparables en la mayoría de los casos, debido a la heterogeneidad de estudios recopilados no es posible dar un grado de recomendación o nivel de evidencia. En el futuro tendrá que disponerse de EEH globales, estandarizadas para los diferentes dispositivos de magnificación, además con grupos de estudios multicéntricos, que permitan ser comparados y que permitan aportar algún grado de recomendación o nivel de evidencia.

14. Conclusión

Las tecnologías emergentes aplicadas en el entrenamiento microquirúrgico, han generado mayor interés en la comunidad médica, lo que ha favorecido el incremento de múltiples publicaciones en los últimos años, sin embargo, la gran mayoría de publicaciones encontradas, no cuentan con EEH, impactando en la confiabilidad y validez de los artículos. En el futuro es importante contar con dispositivos costo-efectivos, de fácil acceso, confiables, validados, que puedan ser ampliamente implementados, aumentando la cobertura para una mayor cantidad de personas en entrenamiento, pudiendo llegar a lugares remotos, favoreciendo el acceso a la población que lo requiera.

15. Bibliografía

1. Berner JE, Ewertz E. Theoretical bases of the use of simulation for training in surgery. *Rev Chil Cir.* 2018;70(4):382–8.
2. Klamen DL, Sanserino K, Skolnik P. Patient Safety Education: What Was, What Is, and What Will Be? *Teach Learn Med.* 2013;25(SUPPL.1):37–41.
3. Sayadi LR, Fligor JE, Couchois S, Evans GRD, Widgerow AD, Lanier B. A Novel Application of Digital Microscope for Microsurgery Training. *J Reconstr Microsurg Open.* 2020;05(01):e32–5.
4. Tyagi S, Kumar S. Microsurgery: An important tool for reconstructive surgery-A review. *Int J Pharma Bio Sci.* 2010;1(3):1–11.
5. Shenaq SM, Klebuc MJA, Vargo D. Free-tissue transfer with the aid of loupe magnification: Experience with 251 procedures. Vol. 95, *Plastic and Reconstructive Surgery.* 1995. p. 261–9.
6. Ronald A. Malt, MD, and Charles F. McKhann, MD BW. Replantation of Severed Arms. *JAMA* [Internet]. 1964;189(10):716–22. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/1164438>
7. Buncke HJ, Schulz WP. Total ear reimplantation in the rabbit utilising microminiature vascular anastomoses. *Br J Plast Surg.* 1966;19(C):15–22.
8. GI T, GD M, FJ H. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 1975;55(5):533–44. Available from: <https://europepmc.org/article/med/1096183>
9. DR M. Principlization of plastic surgery. In: Brown Medical Division, editor. *Principlization of plastic surgery.* 1st ed. 1986. p. Little.
10. RM A, SS R. *Acland's Practice Manual for Microvascular Surgery.* Mosby, editor. Missouri; 1980. 1 – 10 p.
11. de la Rosa E V, Tam R V, Vargas MA, Saavedra LC, Olortegui JG. Educación médica a distancia en tiempos de covid-19. *Rev Cuba Educ Medica Super* [Internet]. 2020;34(2):1–10. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412020000200025&script=sci_arttext&tlng=en
12. Margulies IG, Xu H, Henderson PW. Microsurgery training in the digital era: A systematic review of accessible digital resources. *Ann Plast Surg.* 2020;85(4):337–43.

13. Rodriguez J. Error Humano. *Fac Med Univ Nac Colomb*. 2007;55(4):278–81.
14. Meara JG, Greenberg SLM. Global surgery as an equal partner in health: No longer the neglected stepchild. *Lancet Glob Heal* [Internet]. 2015;3(S2):S1–2. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(15\)70019-7](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(15)70019-7)
15. Martin JA, Regehr G, Reznick R, Macrae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg*. 1997;84(2):273–8.
16. MacIntyre IM, Munro A. Simulation in surgical training. *BMJ* [Internet]. 1990;300:1088. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1662833/pdf/bmj00176-0006.pdf>
17. Rojas MA. Determinacion de las curvas de desempeño de los residentes mediante una estrategia didactica en la creacion de habilidades basicas para microcirugia. 2019.
18. Selber JC, Alrasheed T. Robotic microsurgical training and evaluation. *Semin Plast Surg*. 2014;28(1):5–10.
19. De Virgilio A, Costantino A, Ebn C, Conti V, Mondello T, Di Bari M, et al. High definition three-dimensional exoscope (VITOM 3D) for microsurgery training: a preliminary experience. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* [Internet]. 2020;277(9):2589–95. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06014-7>
20. Chan WY, Niranjana N, Ramakrishnan V. Structured assessment of microsurgery skills in the clinical setting. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg* [Internet]. 2010;63(8):1329–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2009.06.024>
21. Mohammad S, Hanstein R, Lo Y, Levy I, Martin MD F. Validating a Low-Fidelity Model for Microsurgical Anastomosis Training. 2021;6(3). Available from: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=ovftx&NEWS=N&AN=01960901-202109000-00005>
22. Aoun SG, El Ahmadi TY, El Teclé NE, Daou MR, Adel JG, Park CS, et al. A pilot study to assess the construct and face validity of the Northwestern Objective Microanastomosis Assessment Tool. *J Neurosurg*. 2015;123(1):103–9.
23. Satterwhite T, Son J, Carey J, Echo A, Spurling T, Paro J, et al. The stanford microsurgery and resident training (SMaRT) scale: Validation of an on-line global rating scale for technical assessment. *Ann Plast Surg*. 2014;72(SUPPL. 1):84–8.

24. Alrasheed T, Liu J, Hanasono MM, Butler CE, Selber JC. Robotic microsurgery: Validating an assessment tool and plotting the learning curve. *Plast Reconstr Surg.* 2014;134(4):794–803.
25. Willems JIP, Shin AM, Shin DM, Bishop AT, Shin AY. A comparison of robotically assisted microsurgery versus manual microsurgery in challenging situations. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(4):1317–24.
26. Pinto V, Giorgini FA, Miralles MEL, Tarsitano A, Panella MM, Cipriani R, et al. 3D exoscope-assisted microvascular anastomosis: An evaluation on latex vessel models. *J Clin Med.* 2020;9(10):1–10.
27. Malik MM, Hachach-Haram N, Tahir M, Al-Musabi M, Masud D, Mohanna PN. Acquisition of basic microsurgery skills using home-based simulation training: A randomised control study. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg.* 2017;70(4):478–86.
28. Inchauste SM, Deptula PL, Zelones JT, Nazerali RS, Nguyen DH, Lee GK. Global Health Microsurgery Training With Cell Phones. *Ann Plast Surg.* 2020;84(5S Suppl 4):S273–7.
29. Cifuentes IJ, Dagnino BL, Pérez ME, Yañez RA, Varas J, Salisbury C. Entrenamiento microquirúrgico a distancia TT - e-Learning microsurgical training. *Cir plást ibero-latinoam* [Internet]. 2018;44(4):409–15. Available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-78922018000400409&lng=es&nrm=iso&tlng=es
30. Belykh E, Byvaltsev V. Off-the-Job Microsurgical Training on Dry Models: Siberian Experience. *World Neurosurg* [Internet]. 2014;82(1–2):20–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2014.01.018>
31. Chen J, Xun H, Abousy M, Long C, Sacks JM. No Microscope? No Problem: A Systematic Review of Microscope-Free Microsurgery Training Models. *J Reconstr Microsurg.* 2022;38(2):106–14.
32. Niveditha M, Sharma R, Suri A. Microsurgical suturing assessment scores: a systematic review. *Neurosurg Rev* [Internet]. 2022;45(1):119–24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01569-3>
33. Chan WY, Figus A, Ekwobi C, Srinivasan JR, Ramakrishnan V V. The “round-the-clock” training model for assessment and warm up of microsurgical skills: A

- validation study. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg* [Internet]. 2010;63(8):1323–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2009.06.027>
34. Starkes JL, Payk I, Hodges NJ. Developing a standardized test for the assessment of suturing skill in novice microsurgeons. *Microsurgery*. 1998;18(1):19–22.
 35. Kim DM, JW K, JK K, I Y, JW. P. Microsurgery training using a smartphone. *Microsurgery* [Internet]. 2015;35(6):500–1. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25545031/>
 36. Karakawa R, Yoshimatsu H, Nakatsukasa S, Iida T. A new method for microsurgery training using a smartphone and a laptop computer. *Microsurgery*. 2018;38(1):124–5.
 37. Capkin S, Cavit A, Kaleli T. Microsurgery training with smartphone. *Handchirurgie Mikrochirurgie Plast Chir*. 2018;50(6):443–5.
 38. van Gijn D. Microvascular Anastomosis Smartphone Training (MAST) - A portable alternative to Microsurgical Simulation. *Br J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2019;57(10):e77. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2019.10.230>
 39. Ghabi A, Amar S, Harion M, Legagneux J, Vignes JL, Mathieu L. Microvascular anastomosis using loupes and smartphone magnification: Experimental study for application to limited-resource environments. *Hand Surg Rehabil* [Internet]. 2020;39(2):92–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2019.11.004>
 40. Cenzato M, Fratianni A, Stefini R. Using a Smartphone as an Exoscope Where an Operating Microscope is not Available. *World Neurosurg* [Internet]. 2019;132:114–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.137>
 41. Choque-Velasquez J, Colasanti R, Collan J, Kinnunen R, Rezai Jahromi B, Hernesniemi J. Virtual Reality Glasses and “Eye-Hands Blind Technique” for Microsurgical Training in Neurosurgery. *World Neurosurg* [Internet]. 2018;112:126–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.01.067>
 42. Teixeira RKC, Feijó DH, Valente AL, de Carvalho LTF, Brito MVH, de Barros RSM. Can Smartphones Be Used to Perform Video-Assisted Microanastomosis? An Experimental Study. *Surg Innov*. 2019;26(3):371–5.
 43. Chai A, Crank S, Mizen K, Philip J. A low cost model using a digital microscope for learning, practicing and maintaining microvascular surgical skills. *Br J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2021;59(2):247–8. Available from:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7438998/>

