

EVALUACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN REPARACIÓN DE TENDÓN FLEXOR
EN RESIDENTES DE ORTOPEDIA CON UN MODELO SIMULADO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

Autor:

MELKIN JOHAN LOBO RAMOS

Director:

DIEGO FERNANDO RINCÓN CARDOZO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE SALUD – ESCUELA DE MEDICINA

POSTGRADO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

BUCARAMANGA

2025

Dedicatoria

A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría que me han permitido alcanzar cada meta y superar cada reto durante este camino de formación.

A mi madre, ejemplo de amor, entrega y perseverancia, cuya fe y apoyo incondicional me han inspirado a seguir adelante.

A mi novia, por su amor, comprensión, compañía y motivación constante, que me impulsan a dar siempre lo mejor de mí.

A mis hermanos, por su cariño, complicidad y por ser parte esencial de mi vida, brindándome siempre su apoyo y aliento.

Agradecimientos

Al Dr. Diego Fernando Rincón Cardozo, director de este trabajo, por su guía, acompañamiento y valiosas enseñanzas durante el desarrollo de este proyecto. Su dedicación y compromiso fueron fundamentales para la culminación de este estudio.

Extiendo también mi reconocimiento a todos mis profesores y mentores de la especialización en Ortopedia y Traumatología, por compartir sus conocimientos y experiencias, que han sido esenciales en mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a la Universidad Industrial de Santander (UIS) y a todos los residentes de Ortopedia y Traumatología de la UIS, que participaron en esta investigación, quienes con su disposición y compromiso hicieron posible la realización de este trabajo.

Tabla de contenido

Introducción	14
1. Planteamiento del problema.....	16
1.1. Pregunta de investigación	16
2. Justificación	17
3. Hipótesis	18
4. Objetivos	19
4.1. Objetivo general.....	19
4.2. Objetivos específicos	19
5. Marco teórico	20
5.1. Lesiones de tendones flexores: importancia clínica y anatómica	20
5.2. Anatomía y biomecánica.....	20
5.3. Principios quirúrgicos de la reparación.....	21
5.4. Técnicas de sutura central: de dos hilos a múltiples hebras.....	23
5.5. Sutura periférica (epitendinosa).....	25
5.6. Simulación quirúrgica como estrategia educativa	26
6. Materiales y Métodos.....	27
6.1. Diseño del estudio.....	27
6.2. Población.....	27

EVALUACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN REPARACIÓN DE TENDÓN FLEXOR	5
6.3. Tamaño de la muestra	27
6.4. Criterios de inclusión	27
6.5. Criterios de exclusión	27
6.6. Actividades y procedimientos.....	28
6.7. Variables	30
6.8. Recolección de la información.....	30
6.9. Análisis estadístico.....	30
7. Consideraciones éticas	31
8. Tratamiento de datos personales	32
9. Resultados	33
10. Discusión.....	53
11. Conclusiones	57
12. Fortalezas y limitaciones.....	58
13. Financiación del proyecto	59
Referencias.....	60
Apéndices.....	64

Lista de figuras

Figura 1. Zonas anatómicas del sistema de poleas y regiones de lesión tendinosa en la mano (1).....	21
Figura 2. Técnicas de reparación de dos hilos. A: Tsuge, B: Kessler modificado de agarre, C: Kessler modificado bloqueado, D: Pennington modificado (11).....	23
Figura 3. Técnicas de sutura central de múltiples hebras realizadas con sutura de una sola hebra. A: Kessler modificado doble bloqueado, B: Cruzado sin bloqueo, C: Punto de cruz bloqueado, D: Savage de 4 hebras, E: Becker aumentado, F: Savage de 6 hilos, G: Savage modificado, H: Kessler triple modificado(11).	24
Figura 4. Técnicas de sutura periférica. A: Punto de cruz, B: Lin, C: Halsted, D: intrafibra horizontal, E: Continúo simple F: Continúo simple superficial y continuo simple profundo (11).	25
Figura 5. A. Ejecución de la técnica de sutura con un tendón biológico fijado a un soporte rígido. B. Evaluación de la resistencia del tendón mediante un dinamómetro calibrado.	29
Figura 6. Diagrama de cajas de los tiempos de ejecución de la sutura epitendinosa por sesión.....	34
Figura 7. Evolución de la ejecución correcta de la entrada a 1 cm distal por sesión de entrenamiento.....	38
Figura 8. Evolución del abultamiento del tendón por sesión de entrenamiento	38

EVALUACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN REPARACIÓN DE TENDÓN FLEXOR	7
Figura 9. Evolución de la presencia de brecha por sesión de entrenamiento.	39
Figura 10. Evolución de la presencia de brecha a 20N por sesión.	41
Figura 11. Evolución de la presencia de brecha a 30N por sesión.	41
Figura 12. Evolución de la presencia de brecha a 50N por sesión.	42
Figura 13. Evolución de la presencia de ruptura a 50N por sesión.	43
Figura 14. Evolución del conocimiento del procedimiento por sesión.....	44
Figura 15. Evolución de la manipulación del tendón por sesión.....	45
Figura 16. Evolución de la calificación en destreza manual por sesión.....	47
Figura 17. Evolución de la habilidad visuoespacial por sesión.....	48
Figura 18. Evolución del tiempo empleado en realizar la técnica por sesión.....	49
Figura 19. Evolución de la formación de brecha por sesión.....	50
Figura 20. Evolución del resultado global en la rúbrica de evaluación del participante .	51

Lista de tablas

Tabla 1. Tiempos de ejecución de la reparación tendinosa..... 35

Tabla 2. Progresión de variables con significancia estadística 52

Lista de apéndices

Apéndice A. Variables	64
Apéndice B. Consentimiento informado	66
Apéndice C. Rúbrica de evaluación técnica.....	70
Apéndice D. Rúbrica de desempeño del participante.	72
Apéndice E. Registro fotográfico de las sesiones de entrenamiento	76

Resumen

Título: Evaluación del entrenamiento en reparación de tendón flexor en residentes de ortopedia con un modelo simulado*

Autor: Melkin Johan Lobo Ramos**

Palabras clave: Reparación de tendones flexores; Entrenamiento simulado; Evaluación biomecánica; Educación quirúrgica; Ortopedia

Descripción: La reparación de tendones flexores es un procedimiento técnicamente desafiante que requiere precisión quirúrgica para evitar complicaciones funcionales. Este estudio evaluó el desempeño técnico de residentes de ortopedia mediante un modelo simulado con tendón biológico, con el fin de fortalecer habilidades específicas en tenorrafia.

Se realizó un estudio cuasi-experimental longitudinal con nueve residentes, quienes participaron en cinco sesiones de entrenamiento distribuidas durante un mes. Se evaluaron variables como el tiempo de ejecución, la formación de brecha, la resistencia a tensiones (2.5N–50N) y el desempeño técnico mediante una rúbrica estructurada. Los datos fueron analizados con pruebas no paramétricas.

Se observó una mejora progresiva en múltiples variables, con diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de la sutura epitendinosa, en la formación de brecha (tanto en la

* Trabajo de Grado

** Facultad de salud Escuela de medicina Especialización de Ortopedia y Traumatología. Director: Diego Fernando Rincón. Fellowship en Cirugía de nervio periférico y plexo braquial. Cirujano de Mano.

evaluación global como bajo cargas de 30 N y 50 N), en la manipulación del tendón y en la calificación global de la rúbrica. A partir de la tercera sesión, la formación de brecha dejó de presentarse. La resistencia a 50 N, así como los tiempos del primer y segundo Kessler y el tiempo total, mostraron una tendencia de mejora, aunque sin alcanzar significancia estadística.. Todos los participantes calificaron el modelo como útil para el aprendizaje quirúrgico.

Estos hallazgos respaldan el uso de modelos simulados como herramienta efectiva en la formación técnica de residentes en ortopedia. El modelo propuesto demostró ser accesible, reproducible y de alta fidelidad anatómica y biomecánica, con potencial para ser incorporado sistemáticamente en programas académicos

* Trabajo de Grado

** Facultad de salud Escuela de medicina Especialización de Ortopedia y Traumatología. Director: Diego Fernando Rincón. Fellowship en Cirugía de nervio periférico y plexo braquial. Cirujano de Mano.

Abstract

Title: Evaluation of Training in Flexor Tendon Repair Among Orthopedic Residents Using a Simulated Model*

Author: Melkin Johan Lobo Ramos**

Keywords: Flexor tendon repair; Simulation training; Biomechanical evaluation; Surgical education; Orthopedics

Description: Flexor tendon repair is a technically demanding procedure that requires surgical precision to avoid functional complications. This study evaluated the technical performance of orthopedic residents using a biological tendon model to enhance specific skills in tendon repair.

A quasi-experimental longitudinal study was conducted with nine residents, who participated in five training sessions over the course of one month. Variables such as procedure time, gap formation, tensile strength (2.5N–50N), and technical performance were evaluated using a structured rubric. Data were analyzed with non-parametric tests.

A progressive improvement was observed across multiple variables, with statistically significant differences in epitendinous suture time, gap formation (both in the global assessment and under 30 N and 50 N loads), tendon handling, and the overall rubric score. From the third

* Degree work

** Faculty of Health School of Medicine Specialization in Orthopedics and Traumatology. Director: Diego Fernando Rincón. Fellowship in Peripheral Nerve and Brachial Plexus Surgery. Hand Surgeon.

session onward, gap formation was no longer observed. Resistance at 50 N, as well as the times for the first and second Kessler sutures and the total procedure time, showed a trend toward improvement without reaching statistical significance. All participants rated the model as useful for surgical training.

These findings support the use of simulated models as an effective tool in technical training for orthopedic residents. The proposed model proved to be accessible, reproducible, and of high anatomical and biomechanical fidelity, with the potential to be systematically integrated into educational programs.

* Degree work

** Faculty of Health School of Medicine Specialization in Orthopedics and Traumatology. Director: Diego Fernando Rincón. Fellowship in Peripheral Nerve and Brachial Plexus Surgery. Hand Surgeon.

Introducción

La reparación de tendones flexores es un procedimiento quirúrgico altamente complejo, que exige precisión y destreza para evitar complicaciones funcionales como adherencias, rupturas o fallos en la resistencia tendinosa (1). Este procedimiento es fundamental para restaurar la movilidad y funcionalidad de la mano, ya que los tendones flexores permiten los movimientos de agarre y precisión (2). Sin embargo, su curva de aprendizaje y nivel técnico suponen un reto considerable en la formación de residentes. Tradicionalmente, las habilidades quirúrgicas se adquirían mediante la práctica supervisada en pacientes vivos. Este modelo formativo, aunque efectivo, conlleva riesgos para la seguridad del paciente y puede limitar la exposición y retroalimentación durante las etapas iniciales del aprendizaje quirúrgico (3).

En la actualidad, la educación quirúrgica enfrenta desafíos significativos debido a la reducción global de las horas de formación clínica y a la necesidad de garantizar resultados quirúrgicos seguros (4). En este contexto, los modelos de simulación han surgido como herramientas efectivas para acelerar el aprendizaje quirúrgico, mejorando la transferencia de habilidades a escenarios reales y promoviendo la seguridad del paciente. Estudios recientes han mostrado que la formación en simuladores permite no solo mejorar la destreza técnica y la confianza de los residentes (4,5), sino también entrenar habilidades como el control del estrés, la toma de decisiones y la coordinación bajo presión, elementos clave en el desempeño quirúrgico integral (5). Este enfoque ha sido respaldado por instituciones líderes como la American Orthopaedic Association (AOA) y la American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS), quienes recomiendan la incorporación sistemática de simuladores en la formación ortopédica especializada (6).

Asimismo, se ha documentado el éxito de currículos basados en simulación en áreas como la microcirugía, con resultados positivos en la adquisición progresiva de habilidades y la evaluación continua del desempeño (7).

Entre los diversos tipos de simuladores, los modelos con tejido biológico como el tendón porcino representan una alternativa accesible y ética que reproduce de forma realista las propiedades anatómicas y biomecánicas del tejido humano. Estos modelos permiten entrenar técnicas específicas, como la sutura tipo Kessler modificada y la epitendinosa, en un entorno controlado que permite una evaluación objetiva y la medición sistemática del rendimiento técnico (8).

El presente estudio evaluó el desempeño técnico de residentes de ortopedia en la reparación de tendones flexores utilizando un modelo simulado con tendón porcino, analizando variables como el tiempo de ejecución, la formación de brecha, la resistencia a tracción y las calificaciones obtenidas mediante rúbricas estructuradas. A lo largo de cinco sesiones distribuidas en un mes, se midió la progresión de las habilidades quirúrgicas, con el fin de aportar evidencia sobre la utilidad de este tipo de simuladores como herramienta educativa en la formación quirúrgica de procedimientos complejos (9,10).

1. Planteamiento del problema

La formación de residentes en especialidades quirúrgicas representa un desafío significativo, especialmente por la necesidad de desarrollar habilidades técnicas en un entorno real. Al inicio del entrenamiento, la inexperiencia quirúrgica puede llevar a errores técnicos, lo que incrementa el riesgo para los pacientes.

El uso de modelos de simulación ha emergido como una estrategia efectiva para permitir el entrenamiento previo y la evaluación progresiva de las habilidades motoras antes del abordaje quirúrgico en pacientes reales (4). Dentro de la cirugía ortopédica, la reparación de tendones flexores constituye una técnica exigente, especialmente para residentes durante sus primeras experiencias quirúrgicas. El resultado funcional depende en gran medida de la calidad de la sutura, lo que resalta la necesidad de un entrenamiento adecuado (1).

Aunque la competencia quirúrgica es multifactorial, la destreza técnica influye directamente en los resultados clínicos. Por ello, la evaluación objetiva y la retroalimentación estructurada son fundamentales en la formación de residentes (5). Sin embargo, en nuestro entorno no se han implementado estrategias sistemáticas para entrenar ni medir el desempeño en la reparación tendinosa durante la residencia. Frente a las crecientes exigencias en calidad y seguridad, se requieren modelos educativos que orienten el aprendizaje quirúrgico desde etapas tempranas y faciliten una evaluación continua del progreso formativo.

1.1. Pregunta de investigación

¿Se puede identificar el desempeño de los residentes bajo una nueva estrategia con modelo simulado para formación básica en tenorrafia de flexor?

2. Justificación

La reparación adecuada de las lesiones de tendones flexores ha planteado desafíos técnicos significativos. Las reparaciones exitosas deben tener la resistencia adecuada para permitir el movimiento postoperatorio activo temprano, lo cual ayuda a prevenir la formación de adherencias y mejora el rango funcional de movilidad (1). Para enfrentar estos desafíos, se han propuesto múltiples modificaciones técnicas y principios fundamentales en la reparación tendinosa.

Pese a estos avances, la variabilidad técnica y la falta de una técnica única de referencia dificultan la enseñanza intraoperatoria, especialmente para residentes en formación. En respuesta, el uso de simuladores y modelos biológicos ha ganado importancia en la educación quirúrgica (8,9). Organismos como el Accreditation Council for Graduate Medical Education y el American College of Surgeons han resaltado el valor de la simulación como herramienta clave en la formación de residentes (6,9).

Simuladores accesibles y reproducibles, como los modelos porcinos, han demostrado ser efectivos para entrenar habilidades básicas en tenorrafia (8). En ese contexto, este estudio busca evaluar si un programa estructurado con un modelo simulado de tenorrafia puede facilitar el desarrollo progresivo de habilidades técnicas en residentes de ortopedia, mediante prácticas repetidas y evaluación objetiva del desempeño.

3. Hipótesis

Ha: El modelo simulado es una herramienta que mejora el desempeño en la técnica de reparación de tendón flexor.

Ho: El modelo simulado es una herramienta que no mejora el desempeño en la técnica de reparación de tendón flexor.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño técnico de los residentes de ortopedia en la reparación de tendón flexor mediante un modelo simulado.

4.2. Objetivos específicos

- Medir el tiempo de ejecución de la reparación tendinosa en el modelo simulado.
- Analizar la formación de brecha como indicador de calidad en la técnica de sutura.
- Evaluar la resistencia biomecánica de la sutura en pruebas de tracción.
- Diseñar y aplicar un instrumento de evaluación que permita valorar objetivamente el desempeño técnico de los participantes en la reparación de tendón flexor.

5. Marco teórico

5.1. Lesiones de tendones flexores: importancia clínica y anatómica

Los tendones flexores de la mano desempeñan un papel fundamental en las funciones de prensión y destreza fina. Están conformados por tejido conectivo denso, cuyas fibras de colágeno se organizan en haces paralelos que les confieren alta resistencia a la tracción y una notable elasticidad. Cada tendón se encuentra envuelto por una vaina sinovial, la cual facilita su deslizamiento, reduce la fricción y contribuye a su nutrición. La lesión de estos tendones compromete de manera significativa la función de la mano y constituye un desafío quirúrgico debido a las exigencias biomecánicas y la complejidad anatómica involucrada (1,2).

5.2. Anatomía y biomecánica

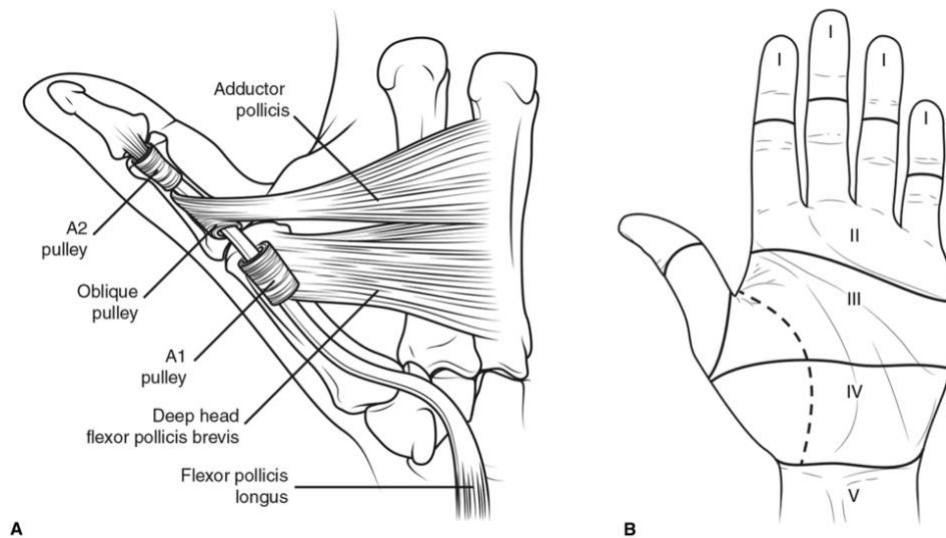
Los tendones flexores superficiales y profundos atraviesan el túnel carpiano y se insertan en las falanges, interactuando con un sistema de poleas que guía su trayectoria y optimiza la transmisión de fuerza durante la flexión digital. Este sistema comprende cinco poleas anulares (A1–A5) y tres cruciformes (C1–C3), cuya disposición mantiene el tendón próximo al hueso y evita el “efecto arco de cuerda”, siendo A2 y A4 esenciales para la biomecánica de la mano. En el pulgar, el sistema incluye dos poleas anulares y una oblicua. Los tendones flexores, compuestos por colágeno tipo I y recubiertos por vainas (endotenon, paratenon y epitenon), se nutren y deslizan gracias al líquido sinovial.

La clasificación de Verdan describe cinco zonas anatómicas de lesión. La Zona I se ubica distal a la inserción del flexor superficial (FDS) y afecta únicamente al flexor profundo (FDP). La Zona II, conocida como “tierra de nadie”, se extiende desde la cabeza del metacarpiano hasta la

mitad de la falange media, donde ambos tendones comparten una misma vaina, y presenta alto riesgo de adherencias. La Zona III corresponde al segmento entre el ligamento transverso del carpo y el margen proximal de la vaina tendinosa. La Zona IV se localiza profunda al ligamento transverso del carpo, también con elevada propensión a adherencias. Finalmente, la Zona V abarca la región de la muñeca, proximal al ligamento transverso del carpo. Esta disposición anatómica condiciona la dificultad quirúrgica y el pronóstico funcional de la reparación tendinosa. (1,2)

(Figura 1)

Figura 1. Zonas anatómicas del sistema de poleas y regiones de lesión tendinosa en la mano (1).



5.3. Principios quirúrgicos de la reparación

El momento óptimo para la reparación primaria no está claramente establecido; se recomienda realizarla lo antes posible, preferiblemente dentro de los primeros 7 días, para evitar retracción miotendinosa, fibrosis y colapso de la vaina. En reparaciones diferidas, el cirujano debe

estar preparado para emplear técnicas alternativas si los extremos tendinosos no son aproximables (1,11).

El abordaje habitual es la incisión de Bruner, preservando la vaina flexora y, siempre que sea posible, las poleas A2 y A4, aunque su liberación aislada puede ser aceptable si la reparación compromete el deslizamiento. Las lesiones de la Zona I a menos de 1 cm de la inserción del flexor profundo deben fijarse a hueso; en el resto de casos se recomienda reparación directa de extremo a extremo, intentando restaurar tanto el FDP como el FDS (11).

Existen diversas configuraciones de sutura diseñadas para optimizar la reparación del tendón flexor. Las técnicas con cuatro o más hebras centrales, reforzadas con una sutura epitendinosa periférica continua, han demostrado mejores resultados biomecánicos, especialmente en cuanto a resistencia a la tracción y prevención de la formación de brechas (10). La técnica de Kessler modificada con sutura periférica continua es una de las más utilizadas debido a su balance entre simplicidad técnica y eficacia (11,12)

Estudios biomecánicos han mostrado que la fuerza tensil de una sutura aumenta al incrementar el número de hebras que cruzan el sitio de reparación. Técnicas de cuatro o seis hebras permiten tolerar cargas de hasta 70 N, comparadas con las técnicas más simples que solo soportan movilización pasiva. Además de la técnica, factores como la longitud del anclaje, el número de pases de la sutura y el tipo de material empleado influyen directamente en la rigidez y durabilidad de la reparación (10).

5.4. Técnicas de sutura central: de dos hilos a múltiples hebras

Inicialmente, la resistencia de la reparación del tendón depende únicamente sobre las propiedades de la técnica de reparación. Las técnicas de reparación de dos hilos (Fig. 2) se han utilizado generalmente en la reparación del tendón flexor. La fuerza de la configuración de bloqueo de la reparación de Kessler modificada (Fig. 2C) es suficientemente fuerte para soportar las fuerzas de la rehabilitación pasiva, pero no el movimiento activo temprano, clínicamente visto como mayores tasas de ruptura (11).

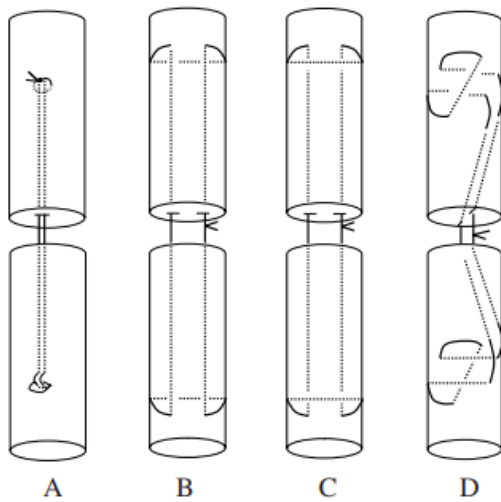


Figura 2. *Técnicas de reparación de dos hilos. A: Tsuge, B: Kessler modificado de agarre, C: Kessler modificado bloqueado, D: Pennington modificado (11).*

La primera reparación de múltiples hebras fue introducida por Savage que incorporó seis hilos de sutura a través del sitio de reparación (Fig. 3F) y demostró una mejor resistencia al espacio y fuerza máxima, suficiente para resistir las fuerzas estimadas del movimiento activo temprano. Varios investigadores han estudiado técnicas de hilos múltiples con suturas centrales de 4 y 6 hilos realizado con sutura monocatenaria (Fig. 3). Estas técnicas han demostrado una tener una mayor

fuerza en comparación con varias técnicas de 2 hilos en pruebas de tracción estática y una mayor resistencia a la separación y resistencia a la fatiga en pruebas de tracción cíclica.

El efecto de aumentar el número de hilos por realizar múltiples suturas centrales similares pero separadas ha sido investigado en sólo unas pocas configuraciones. Los Kessler modificado de 4 y 6 hilos (Fig. 3A, H), Savage (Fig. 3D, G) y Tsuge (Fig. 3A, B)

Las reparaciones han demostrado una menor brecha y mayor fuerza comparadas con las respectivas técnicas de 2 hebras o hilos, al aumentar el número de hebras también mejoraron la fuerza de fluencia y la rigidez en las reparaciones de Kessler y Savage modificadas por Pennington (11).

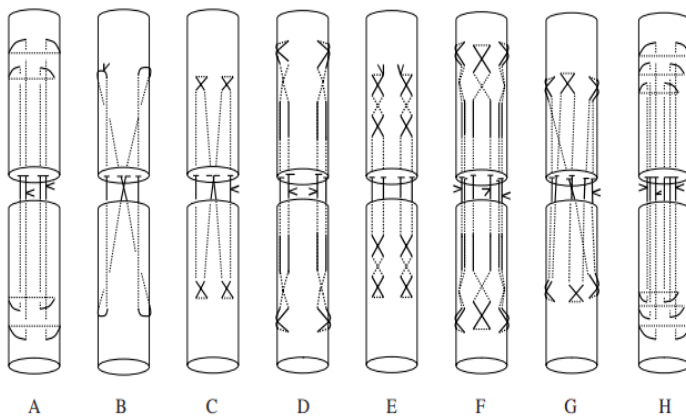


Figura 3. *Técnicas de sutura central de múltiples hebras realizadas con sutura de una sola hebra. A: Kessler modificado doble bloqueado,*

B: Cruzado sin bloqueo, C: Punto de cruz bloqueado, D: Savage de 4 hebras, E: Becker aumentado, F: Savage de 6 hilos, G: Savage modificado, H: Kessler triple modificado(11).

5.5. Sutura periférica (epitendinosa)

Originalmente la sutura epitendinosa circunferencial fue considerado solamente una sutura para mejorar la capacidad del tendón se deslizarse dentro de la vaina. Posteriormente se demostró que mejora la resistencia del espacio y la fuerza final de la reparación. Las técnicas de sutura epitendinosa captan no sólo el epitenón sino también la sustancia del tendón, el término sutura periférica se ha vuelto ampliamente utilizado.

La sutura periférica continua simple (Fig. 4E, F) son las técnicas más investigadas y utilizada en reparación de tendones flexores, la fuerza y la rigidez de la sutura periférica continua se pueden aumentar con agarres de sutura más profundos y aumentando el número de pases de sutura (11).

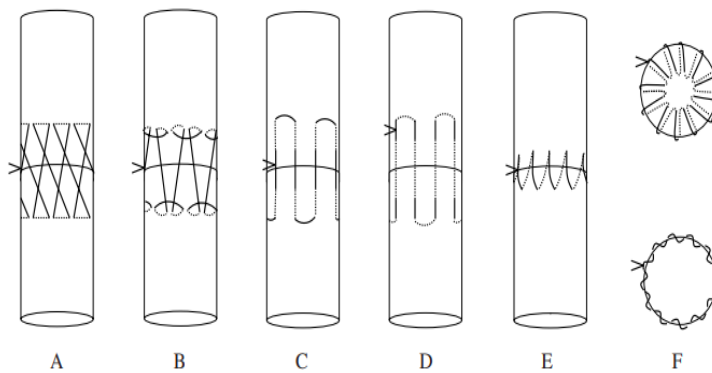


Figura 4. Técnicas de sutura periférica. A: Punto de cruz, B: Lin, C: Halsted, D: intrafibra horizontal, E: Continuo simple F: Continuo simple superficial y continuo simple profundo (11).

simple superficial y continuo simple profundo (11).

5.6. Simulación quirúrgica como estrategia educativa

La simulación se ha consolidado como una herramienta clave en la educación médica contemporánea, permitiendo la implementación de metodologías didácticas innovadoras que facilitan la práctica segura y controlada de habilidades clínicas y quirúrgicas. Estos espacios reproducen escenarios reales donde el estudiante puede desarrollar tanto competencias técnicas como no técnicas, como la toma de decisiones, el trabajo en equipo, el liderazgo, el manejo del estrés y la conciencia situacional, todo en un entorno libre de riesgo para el paciente (5).

Además de su papel en la adquisición de destrezas, la simulación fomenta la formación integral del profesional, integrando el saber, el ser y el hacer bajo principios bioéticos y de cuidado humanizado. Su articulación con la investigación y la innovación educativa favorece la creación de nuevo conocimiento, la incorporación de tecnologías emergentes y la adaptación a modelos de enseñanza y evaluación más efectivos (13,14).

En el ámbito quirúrgico, la formación tradicional basada en el estudio de textos y la experiencia directa en salas de cirugía se ha visto complementada y en parte transformada por programas de simulación. Este cambio responde a las demandas actuales de seguridad del paciente y calidad asistencial, donde el error ya no es aceptado como parte natural del aprendizaje. La simulación, por tanto, se presenta como un componente esencial en la formación de cirujanos, permitiendo la adquisición de competencias con juicio crítico, conocimiento sólido y práctica supervisada antes de su aplicación en el entorno real (3,6,9).

6. Materiales y Métodos

6.1. Diseño del estudio

Estudio cuasi-experimental longitudinal

6.2. Población

Residentes de ortopedia de primer a cuarto año inscritos al programa de especialización en Ortopedia y Traumatología en la Universidad industrial de Santander (UIS).

6.3. Tamaño de la muestra

La muestra estuvo conformada por 9 residentes de ortopedia, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, con el objetivo de incluir el mayor número posible de participantes, dada la disponibilidad limitada del grupo de estudio.

6.4. Criterios de inclusión

Residentes de Ortopedia del primero al cuarto año de la UIS

6.5. Criterios de exclusión

Se excluyeron los participantes que presentaron patología en la mano durante el tiempo de evaluación que les impidiera la realización de la técnica evaluada.

6.6. Actividades y procedimientos

La intervención se llevó a cabo durante un periodo aproximado de un mes, distribuido en cinco sesiones no equidistantes. La primera sesión (visita inicial) fue seguida por una segunda a los dos días, una tercera a los cuatro días siguientes, una cuarta una semana después y una evaluación final al mes de la primera prueba.

Los participantes fueron nueve residentes de ortopedia de primero a cuarto año, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Todos firmaron el consentimiento informado antes de iniciar y no presentaban patologías en la mano que limitaran la ejecución del procedimiento simulado.

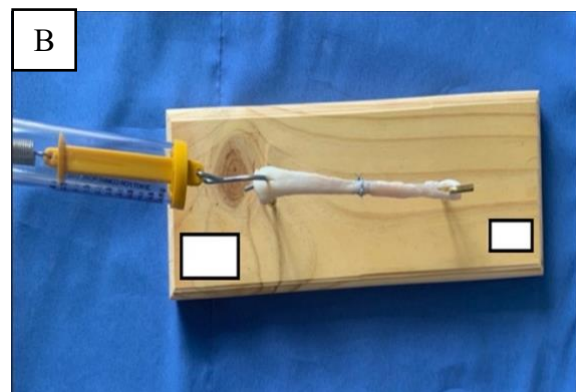
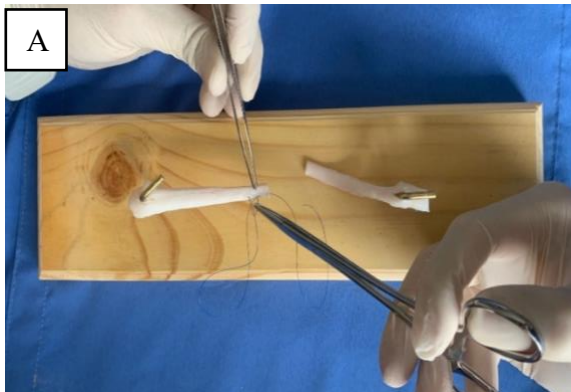
El modelo experimental utilizado consistió en un soporte rígido con cárcamos, sobre el cual se fijó un tendón porcino previamente seccionado en su totalidad, simulando una ruptura tendinosa para su reparación. Los tendones fueron obtenidos de animales destinados a consumo humano, adquiridos en carnicerías locales. El día de cada sesión, los tendones fueron disecados hasta obtener segmentos de 11–12 cm, mantenidos en gasas humedecidas con solución salina para evitar su desecación. El remanente fue tratado como residuo biológico y eliminado según protocolos de bioseguridad.

En la sesión inicial, cada participante observó un video demostrativo de la técnica de sutura Doble Kessler modificada (cuatro hebras) seguida de sutura epitendinosa continua periférica, así como el uso correcto del modelo simulado. Posteriormente, realizaron la reparación en el modelo, midiendo el tiempo de ejecución desde la primera inserción de aguja hasta el corte final del hilo.

A partir de la segunda sesión, las prácticas se realizaron sin ayudas visuales ni material impreso, con el objetivo de evaluar la progresión autónoma de la técnica. En cada sesión se evaluó el desempeño mediante dos rúbricas estructuradas: una centrada en la ejecución técnica de la sutura y otra en aspectos como conocimiento del procedimiento, manipulación del tendón, deformidad de la aguja, destreza manual y habilidad visuo-espacial. (Apéndice C y D)

Finalmente, cada tendón reparado fue sometido a una prueba de resistencia inmediata con dinamómetro manual, registrando la formación de brecha (en milímetros) y la resistencia máxima alcanzada sin falla visible, hasta un máximo de 50 N. Los resultados de cada sesión fueron comunicados al participante con retroalimentación inmediata para reforzar su aprendizaje. (Figura 5)

Figura 5. *A. Ejecución de la técnica de sutura con un tendón biológico fijado a un soporte rígido. B. Evaluación de la resistencia del tendón mediante un dinamómetro calibrado.*



6.7. Variables

Se registraron variables sociodemográficas, técnicas y biomecánicas relacionadas con la ejecución de la tenorrafia (Apéndice A). Las variables sociodemográficas incluyeron edad, sexo y año de residencia. Las variables técnicas abarcaron el manejo del instrumental, la entrada proximal y distal de la sutura, la presencia de abultamiento del tendón, la deformidad de la aguja y el tiempo de ejecución. Las variables biomecánicas comprendieron la formación de brecha y la resistencia máxima a la tracción en distintas cargas.

6.8. Recolección de la información

La información se obtuvo mediante entrevistas y durante el desarrollo de la actividad con cada participante. Se diligenció un formulario con los datos obtenidos durante el proceso de simulación, y los ejercicios fueron evaluados por el grupo investigador.

6.9. Análisis estadístico

Se realizó un análisis exploratorio inicial para evaluar la distribución de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Al confirmarse que no seguían una distribución normal, se emplearon métodos no paramétricos para las comparaciones entre sesiones. Las variables cuantitativas se resumieron como mediana y rango intercuartílico (RI), y las variables categóricas se analizaron mediante frecuencias absolutas y relativas. Para comparar proporciones entre sesiones se utilizó la prueba de Chi-cuadrado. Todos los datos fueron procesados utilizando el software SPSS versión 27 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.).

7. Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló bajo los principios del Código de Núremberg y la Declaración de Helsinki, garantizando el respeto a los principios éticos en la investigación con seres humanos. Fue clasificado como un estudio sin riesgo según la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, dado que no se realizaron intervenciones en pacientes, sino prácticas en modelos simulados con médicos residentes de Ortopedia y Traumatología de la Universidad Industrial de Santander. Se cumplieron estrictamente los protocolos de seguridad para el manejo y disposición de los materiales utilizados.

El protocolo y el consentimiento informado, que describían el tipo de estudio, los riesgos y el uso de la información recolectada, fueron presentados ante el Comité de Ética en Investigación Científica de la Universidad Industrial de Santander (CEINCI-UIS). Se garantizó que no se recopilarían ni publicarían datos que permitieran la identificación de los participantes, subrayando la relevancia del estudio para la comunidad académica y profesional.

Se tuvieron en cuenta y se aplicaron los cuatro principios bioéticos durante la investigación:

- **Principio de autonomía:** Se respetó la decisión libre y voluntaria de participación de cada residente mediante la firma del consentimiento informado.
- **Principio de beneficencia:** Se priorizó el bienestar de los participantes, optimizando el aprendizaje sin generar riesgos innecesarios.
- **Principio de no maleficencia:** Se garantizó el principio de no maleficencia al realizar todas las prácticas únicamente en modelos simulados, sin riesgo ni posibilidad de causar daño o sufrimiento a pacientes.

- **Principio de justicia:** Se aseguró un trato equitativo, aplicando los mismos criterios, formatos y condiciones de evaluación a todos los residentes.

El consentimiento informado se obtuvo tras explicar a cada residente el tipo de estudio, su desarrollo y objetivos, resolviendo sus dudas antes de la firma en doble copia; una de las copias quedó en poder del participante junto con los datos de contacto del investigador para consultas posteriores. Para proteger la confidencialidad, a cada residente se le asignó un código único y los formatos de recolección de datos fueron custodiados exclusivamente por el investigador principal.

8. Tratamiento de datos personales

El manejo de los datos personales se realizó conforme a la Ley 1581 de 2012 (parcialmente reglamentada por el Decreto 1377 de 2013) y a la Resolución 1227 del 22 de agosto de 2013 de la Universidad Industrial de Santander. Se garantizó la confidencialidad y el derecho de los participantes a acceder, conocer, modificar, actualizar, rectificar o suprimir la información suministrada, así como a revocar en cualquier momento la autorización para el tratamiento de sus datos.

Los formatos de recolección de datos fueron codificados y digitalizados en medio magnético, evitando el uso de nombres u otra información personal que permitiera identificar a los participantes.

9. Resultados

Se evaluaron 9 residentes de ortopedia en cinco sesiones utilizando un modelo simulado de reparación de tendón flexor. La mediana de edad fue de 32 años (rango intercuartílico: 27–35), con un 100 % de participantes diestros, distribuidos en 6 hombres y 3 mujeres. Todas las sesiones se completaron dentro del tiempo estimado, permitiendo evaluar la totalidad de las variables propuestas sin pérdidas de datos.

9.1 Resultados globales por medición (tiempos de sutura)

9.1.1 Tiempo del primer Kessler.

En el agregado de las cinco sesiones, la mediana del tiempo para el primer Kessler fue de 190 segundos (RI: 150–238,5). A nivel de tendencia entre sesiones, se observó un descenso progresivo en los rangos promedio (30,17 → 23,83 → 22,11 → 18,78 → 20,11), lo que sugiere una mejora con la práctica; sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,389$).

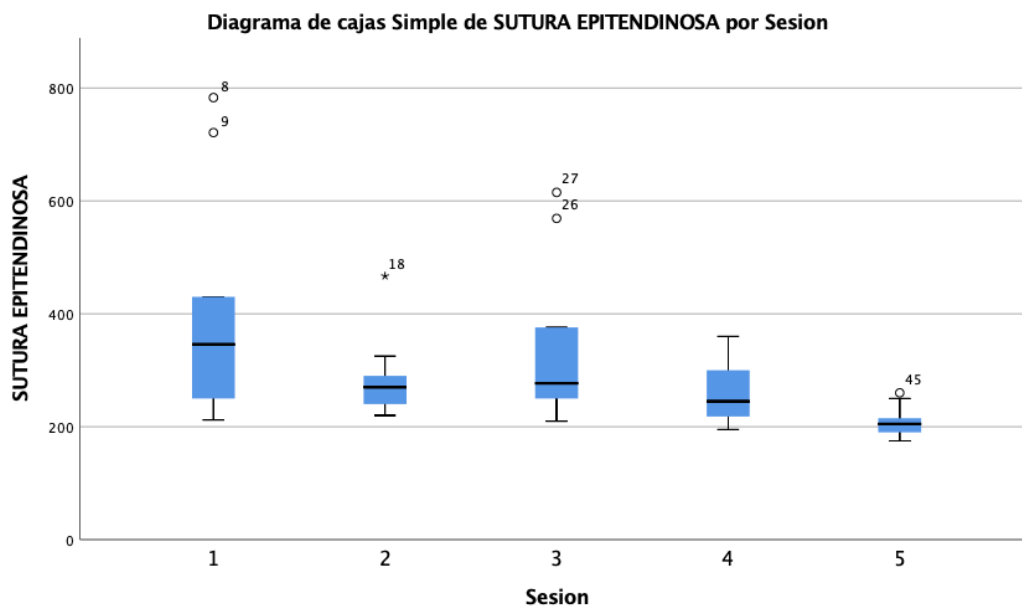
9.1.2 Tiempo del segundo Kessler.

La mediana del tiempo de ejecución para el segundo Kessler fue de 132 segundos (RI: 110–184). A nivel de tendencia entre sesiones, se observó una disminución de los rangos promedio (32,78 → 23,17 → 17,11 → 19,83 → 22,11), lo que sugiere mejor desempeño con la práctica; sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,117$).

9.1.3 Tiempo de la sutura epitendinosa.

La mediana del tiempo de ejecución para la sutura epitendinosa fue de 260 segundos (RI: 215,5–328,5). En contraste con los puntos anteriores, donde la mejora no alcanzó significancia estadística, en este caso se observó una reducción marcada en los rangos promedio (31,83 → 25,83 → 27,61 → 20,83 → 8,89), con diferencia global estadísticamente significativa ($p = 0,003$) (Figura 6).

Figura 6. Diagrama de cajas de los tiempos de ejecución de la sutura epitendinosa por sesión.



Se observa una tendencia general a la disminución de los tiempos con menor dispersión hacia la última sesión, aunque con presencia de valores atípicos en distintas etapas del entrenamiento.

9.1.4 Tiempo total de sutura.

La mediana del tiempo total de reparación fue de 561 segundos (RI: 480–780). Se observó una reducción progresiva en los rangos promedio por sesión (32,83 → 24,83 → 22,89 → 18,39 → 16,06), lo que sugiere un acortamiento consistente del tiempo global a medida que avanzó el entrenamiento; sin embargo, esta tendencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,065$).

En resumen, la Tabla 1 presenta los valores promedio, mediana y significancia estadística (Kruskal–Wallis) para cada etapa de la reparación tendinosa, correspondientes al conjunto de las cinco sesiones de entrenamiento, evidenciando que solo la sutura epitendinosa mostró diferencias significativas.

Tabla 1. *Tiempos de ejecución de la reparación tendinosa*

Etapa de la sutura	Tiempo promedio (s)	Mediana (s)	Valor de P (Kruskal-Wallis)
Primer Kessler	215.6	190	0,389
Segundo Kessler	147.2	132	0,117
Sutura epitendinosa	301.3	260	0,003*
Tiempo total de reparación	664.0	561	0,065

9.2 Resultados globales por medición (variables cualitativas de técnica quirúrgica)

- Entrada proximal a 1 cm: se cumplió en el 100 % de las evaluaciones (45/45).
- Entrada distal a 1 cm: se cumplió en 82,2 % de las evaluaciones (37/45); en 17,8 % (8/45) no se alcanzó este criterio.

- Realización de cuatro núcleos: se cumplió en el 100 % de las evaluaciones (45/45).
- Sutura epitendinosa realizada: se cumplió en el 100 % de las evaluaciones (45/45).
- Tendón abultado: se observó en 57,8 % de las evaluaciones (26/45), mientras que en 42,2 % (19/45) no se presentó esta característica.

9.3 Evaluación biomecánica (global)

- Resistencia a 2,5 N, 5 N, 10 N, 20 N y 30 N: el 100 % de las evaluaciones (45/45) soportó cada uno de estos niveles de carga sin fallo.
- Resistencia a 50 N: se alcanzó en el 91,1 % de las evaluaciones (41/45); en 8,9 % (4/45) la sutura falló antes de este umbral.
- Brecha a 2,5 N, 5 N y 10 N: no se formaron brechas (0 %, 45/45 íntegras).
- Brecha a 20 N: presente en 8,9 % (4/45).
- Brecha a 30 N: presente en 20 % (9/45).
- Brecha a 50 N: presente en 24,4 % (11/45).
- Ruptura a 2,5 N, 5 N, 10 N, 20 N y 30 N: no se registraron rupturas (0 %, 45/45).
- Ruptura a 50 N: presente en 8,9 % (4/45), coincidiendo con las fallas máximas ya descritas en la resistencia.

9.4 Evaluación del participante (global)

- Conocimiento del procedimiento: 5 puntos en 88,9 % (40/45); 4 puntos en 8,9 % (4/45); 3 puntos en 2,2 % (1/45).
- Manipulación del tendón: 5 puntos en 73,3 % (33/45); 4 puntos en 20,0 % (9/45); 3 puntos en 2,2 % (1/45); 2 puntos en 4,4 % (2/45).

- Deformación de la aguja: 5 puntos en 97,8 % (44/45); 1 punto en 2,2 % (1/45).
- Destreza manual: 5 puntos en 86,7 % (39/45); 4 puntos en 8,9 % (4/45); 3 puntos en 4,4 % (2/45).
- Coordinación visoespacial: 5 puntos en 77,8 % (35/45); 4 puntos en 22,2 % (10/45).
- Gestión del tiempo: 3 puntos en 40,0 % (18/45); 2 puntos en 31,1 % (14/45); 4 puntos en 17,8 % (8/45); 1 punto en 11,1 % (5/45).
- Manejo de la brecha: 5 puntos en 75,6 % (34/45); 4 puntos en 15,6 % (7/45); 1 punto en 8,9 % (4/45).
- Resultado final: 5 puntos en 46,7 % (21/45); 4 puntos en 44,4 % (20/45); 3 puntos en 8,9 % (4/45).

9.5 Resultados por sesión de entrenamiento

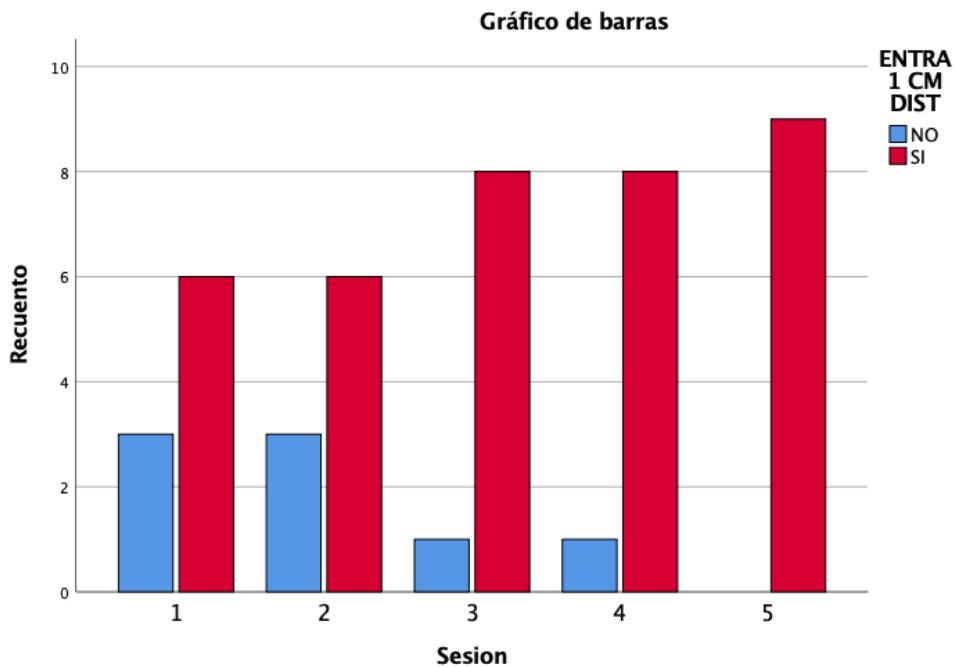
- **Variables constantes durante las cinco sesiones**

Se observó una constancia del **100 %** en tres parámetros: la correcta entrada a 1 cm proximal, la presencia de los cuatro núcleos centrales y la realización de la sutura epitendinosa. Debido a la ausencia de variación en estas mediciones, no se efectuaron comparaciones estadísticas para estas variables.

- **Entrada a 1 cm distal**

Se evidenció una mejora progresiva, con un aumento de ejecuciones correctas de 6 casos en las dos primeras sesiones a 9 casos (100 %) en la quinta, y una reducción paralela de errores hasta su eliminación en la última sesión; sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,242$). (Figura 7)

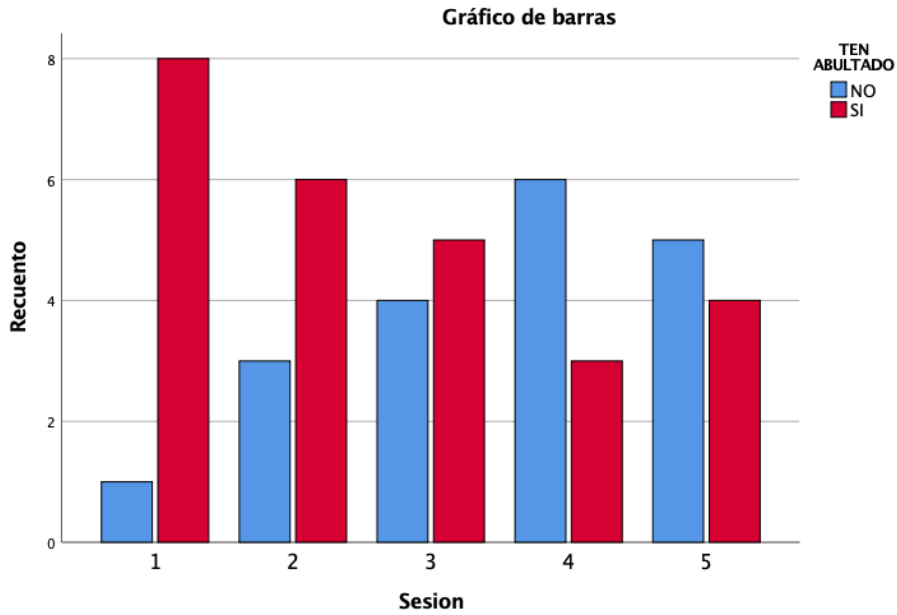
Figura 7. Evolución de la ejecución correcta de la entrada a 1 cm distal por sesión de entrenamiento.



- **Tendón abultado**

Se observó una disminución progresiva en la presencia de tendón abultado a lo largo de las sesiones. En la primera sesión, 8 de 9 casos (88,9 %) presentaron abultamiento, cifra que se redujo a 3 casos (33,3 %) en la cuarta sesión y se mantuvo en 4 casos (44,4 %) en la quinta. Sin embargo, esta tendencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0,150$). Figura 8)

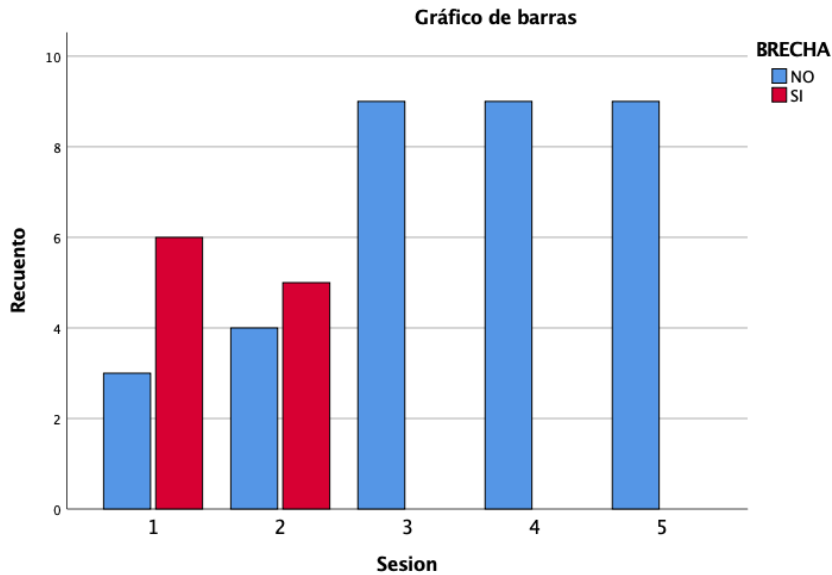
Figura 8. Evolución del abultamiento del tendón por sesión de entrenamiento



- **Brecha**

Se observó una disminución progresiva en la presencia de brecha, pasando de 6 casos (66,7 %) en la primera sesión a 0 casos desde la tercera sesión en adelante. Esta tendencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,001$). (Figura 10)

Figura 9. *Evolución de la presencia de brecha por sesión de entrenamiento.*

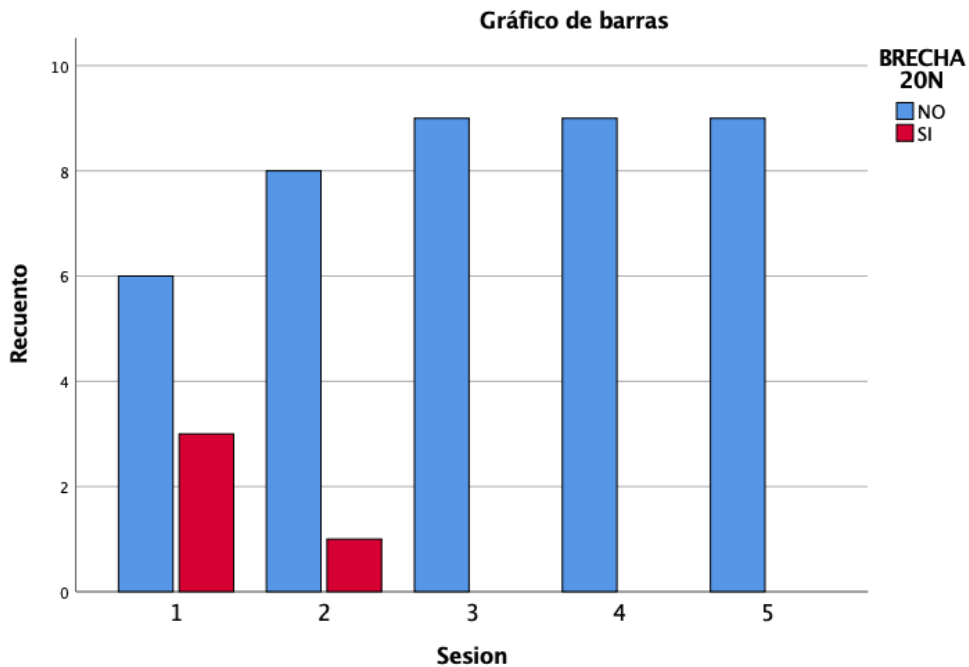


- **Presencia de brecha y resistencia a cargas intermedias (2,5 N, 5 N y 10 N)**

En las cargas intermedias de 2,5 N, 5 N y 10 N, se observó un comportamiento estable a lo largo de las cinco sesiones de entrenamiento. La presencia o ausencia de brecha no mostró variaciones entre sesiones, manteniéndose constante en todos los casos evaluados. De igual forma, la resistencia registrada para estos niveles de carga no presentó cambios ni variación en los valores obtenidos.

- **Brecha y resistencia a 20 N**

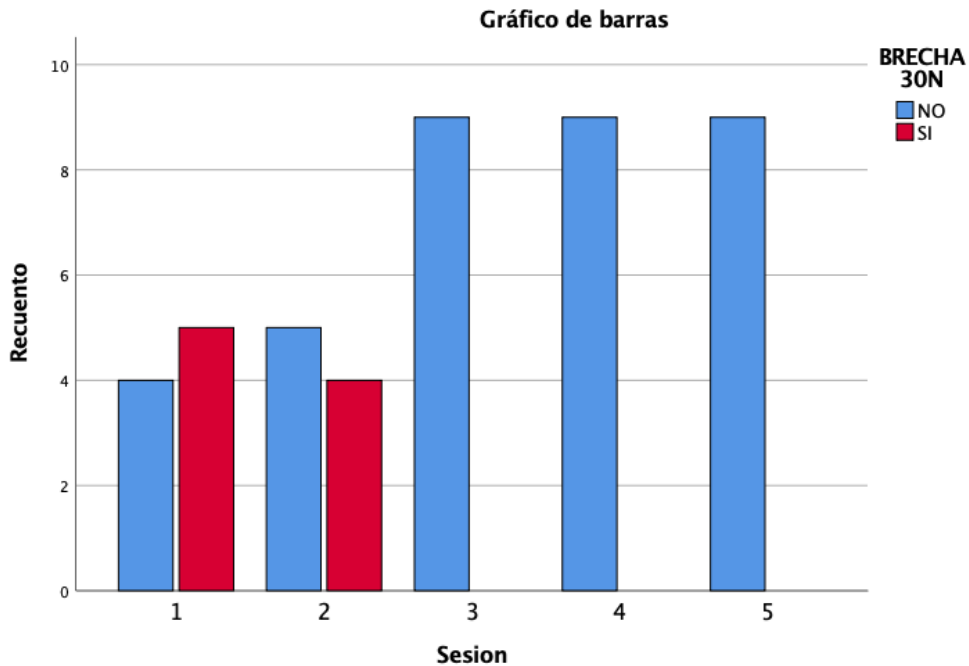
En la carga de 20 N, la presencia de brecha disminuyó progresivamente: 3/9 casos (33,3 %) en la primera sesión, 1/9 (11,1 %) en la segunda y ausencia total desde la tercera hasta la quinta. Esta tendencia estuvo cerca de alcanzar significancia estadística ($p = 0,053$). La resistencia a 20 N se mantuvo en el 100 % de las evaluaciones durante todas las sesiones, sin rupturas. (Figura 11)

Figura 10. Evolución de la presencia de brecha a 20N por sesión.

- **Brecha y resistencia a 30 N**

La presencia de brecha disminuyó de 5 casos (55,6 %) en la primera sesión a 4 casos (44,4 %) en la segunda, desapareciendo por completo a partir de la tercera sesión y manteniéndose ausente hasta la quinta. Esta reducción fue estadísticamente significativa ($p = 0,002$). La resistencia (ruptura ausente) se mantuvo constante en todos los casos durante las sesiones evaluadas. (Figura 11)

Figura 11. Evolución de la presencia de brecha a 30N por sesión.



- **Brecha y ruptura a 50 N**

La presencia de brecha a 50 N disminuyó progresivamente de 6 casos (66,7 %) en la primera sesión a 5 casos (55,6 %) en la segunda, y se eliminó por completo a partir de la tercera sesión, manteniéndose ausente hasta la quinta. Este cambio fue estadísticamente significativo ($p < 0,001$). (Figura 12)

En cuanto a la ruptura a 50 N, se observó en 3 casos (33,3 %) en la primera sesión y en 1 caso (11,1 %) en la segunda, sin presentarse desde la tercera sesión en adelante. Esta reducción estuvo cerca de alcanzar significancia estadística ($p = 0,053$). (Figura 13)

Figura 12. Evolución de la presencia de brecha a 50N por sesión.

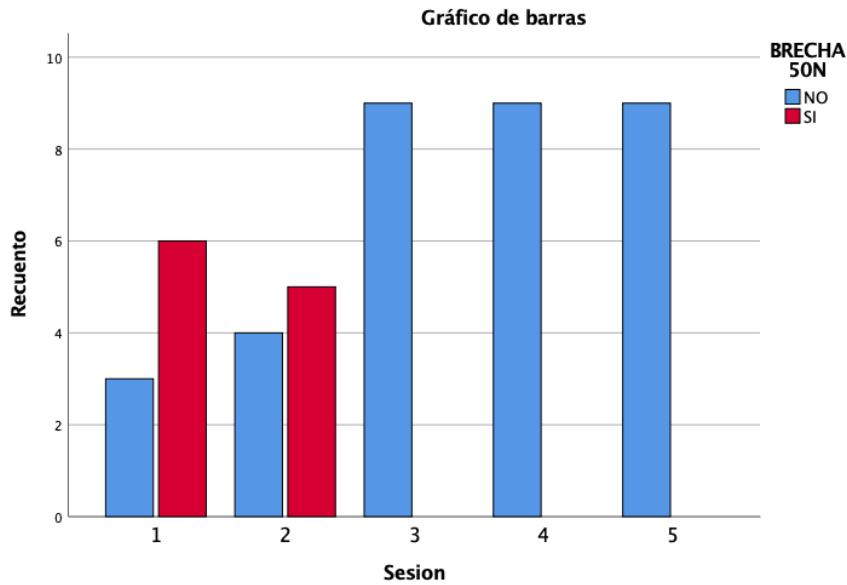
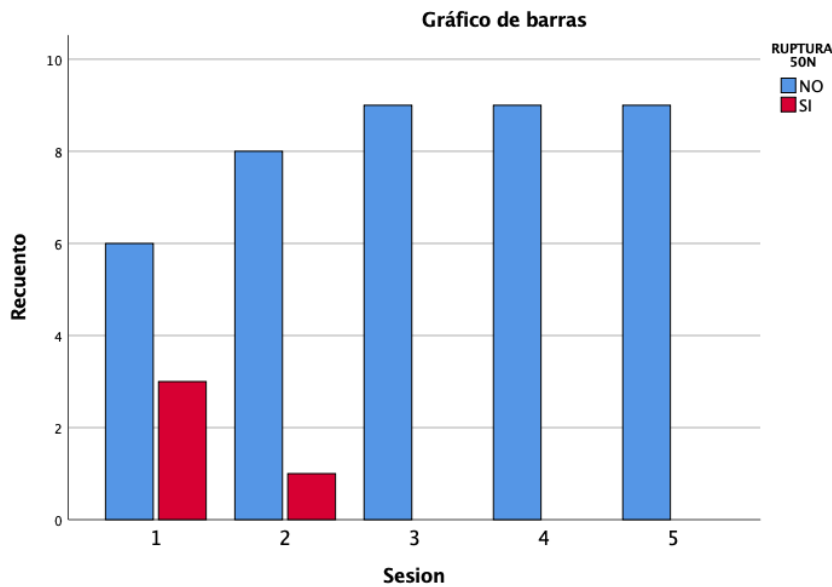


Figura 13. Evolución de la presencia de ruptura a 50N por sesión.



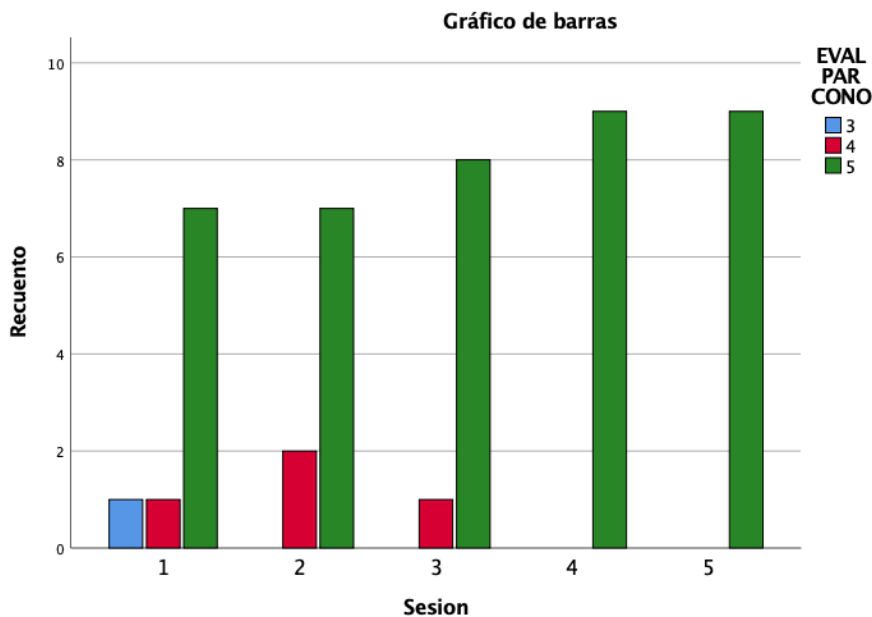
- **Conocimiento del procedimiento**

En la primera sesión, 1 participante (11,1 %) obtuvo una calificación de 3, 1 participante (11,1 %) una calificación de 4 y 7 participantes (77,8 %) la calificación máxima de 5. Desde la

segunda hasta la tercera sesión, la proporción de evaluaciones con calificación de 5 aumentó gradualmente, alcanzando el 100 % de los participantes a partir de la cuarta sesión y manteniéndose hasta la quinta.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,433$), aunque se observó una asociación lineal positiva entre el avance de las sesiones y la mejora en la calificación ($p = 0,037$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,314). (Figura 14)

Figura 14. *Evolución del conocimiento del procedimiento por sesión*



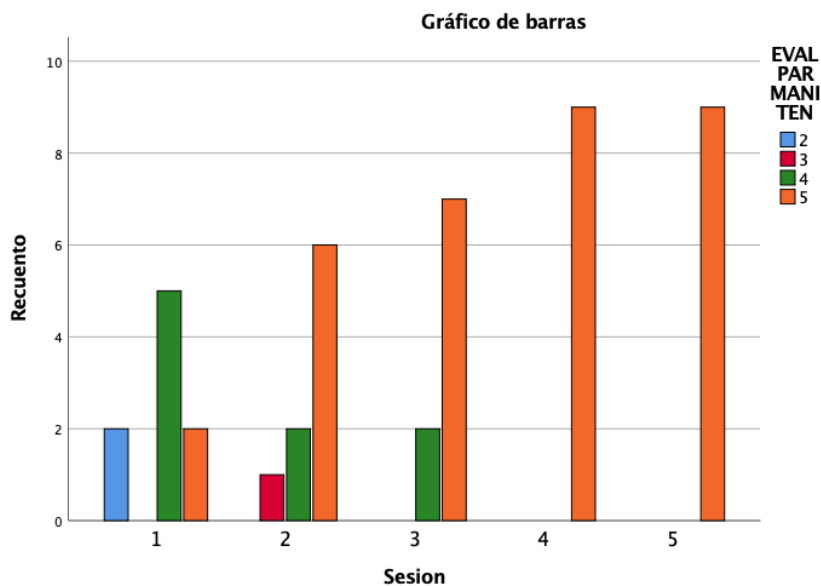
- **Manipulación del tendón**

En la primera sesión, 2 participantes (22,2 %) obtuvieron una calificación de 2, 5 participantes (55,6 %) una calificación de 4 y 2 participantes (22,2 %) la calificación máxima de 5. En la segunda sesión, 1 participante (11,1 %) obtuvo una calificación de 3, 2 participantes (22,2

%) una calificación de 4 y 6 participantes (66,7 %) la calificación máxima de 5. En la tercera sesión, 2 participantes (22,2 %) obtuvieron una calificación de 4 y 7 participantes (77,8 %) la calificación máxima de 5. A partir de la cuarta sesión y hasta la quinta, el 100 % de los participantes alcanzaron la calificación máxima de 5.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,010$), con una asociación lineal positiva marcada entre el avance de las sesiones y la mejora en la calificación ($p < 0,001$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,553). (Figura 15)

Figura 15. Evolución de la manipulación del tendón por sesión



- **Evaluación de la deformidad de la aguja**

En la primera sesión, el 100 % de los participantes obtuvo la calificación máxima de 5. En la segunda sesión, un participante (11,1 %) presentó una calificación de 1, mientras que los ocho

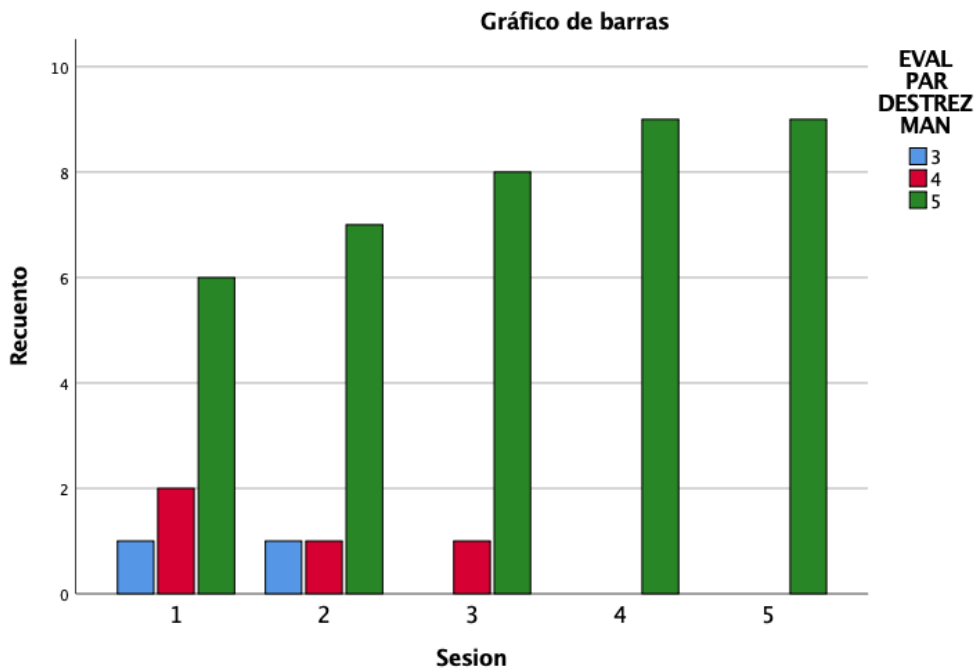
restantes (88,9 %) alcanzaron la calificación de 5. A partir de la tercera sesión y hasta la quinta, todos los participantes (100 %) mantuvieron la calificación máxima.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,394$) ni evidencia de tendencia lineal en la distribución de las calificaciones ($p = 0,480$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,107).

- **Destreza manual**

En la primera sesión, 1 participante (11,1 %) obtuvo una calificación de 3, 2 participantes (22,2 %) una calificación de 4 y 6 participantes (66,7 %) la calificación máxima de 5. En la segunda sesión, la proporción de calificaciones de 5 aumentó a 77,8 %, con disminución de las calificaciones de 3 y 4. A partir de la tercera sesión, el porcentaje de calificaciones de 5 continuó incrementándose, alcanzando el 100 % de los participantes en la cuarta y quinta sesión.

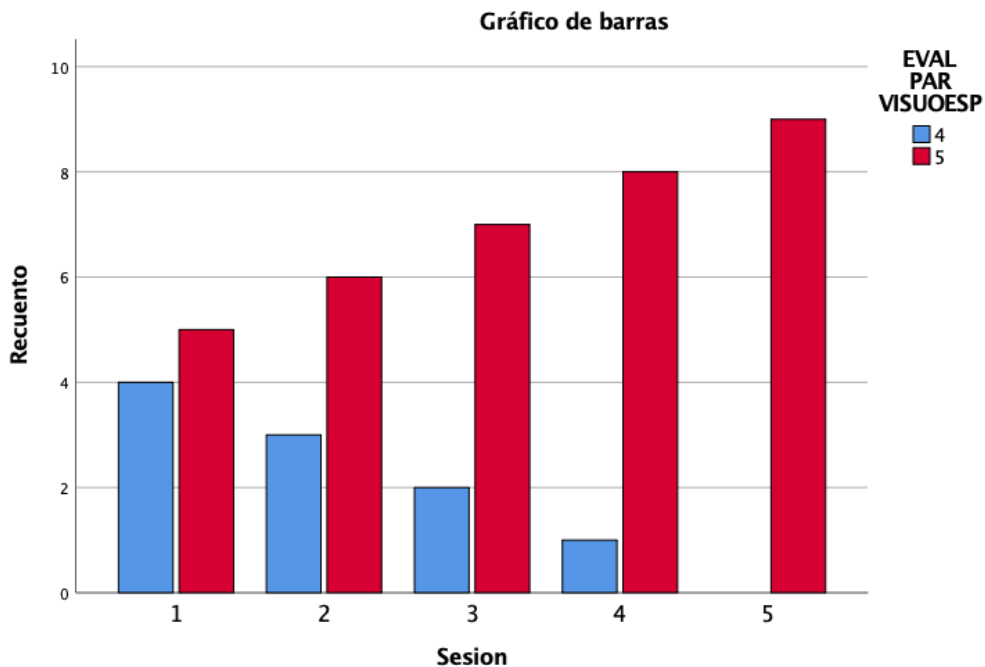
No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,497$). Sin embargo, se observó una asociación lineal positiva entre el progreso de las sesiones y la mejora en la calificación ($p = 0,018$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,357). (Figura 16)

Figura 16. *Evolución de la calificación en destreza manual por sesión*

- **Habilidad visoespacial**

En la primera sesión, 4 participantes (44,4 %) obtuvieron una calificación de 4 y 5 participantes (55,6 %) alcanzaron la calificación de 5. A partir de la segunda sesión, la proporción de evaluaciones con calificación máxima fue aumentando de forma progresiva, alcanzando el 100 % de los participantes en la quinta sesión.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,169$), aunque se observó una asociación lineal positiva entre el avance de las sesiones y la mejora en la calificación ($p = 0,012$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,378). (Figura 17)

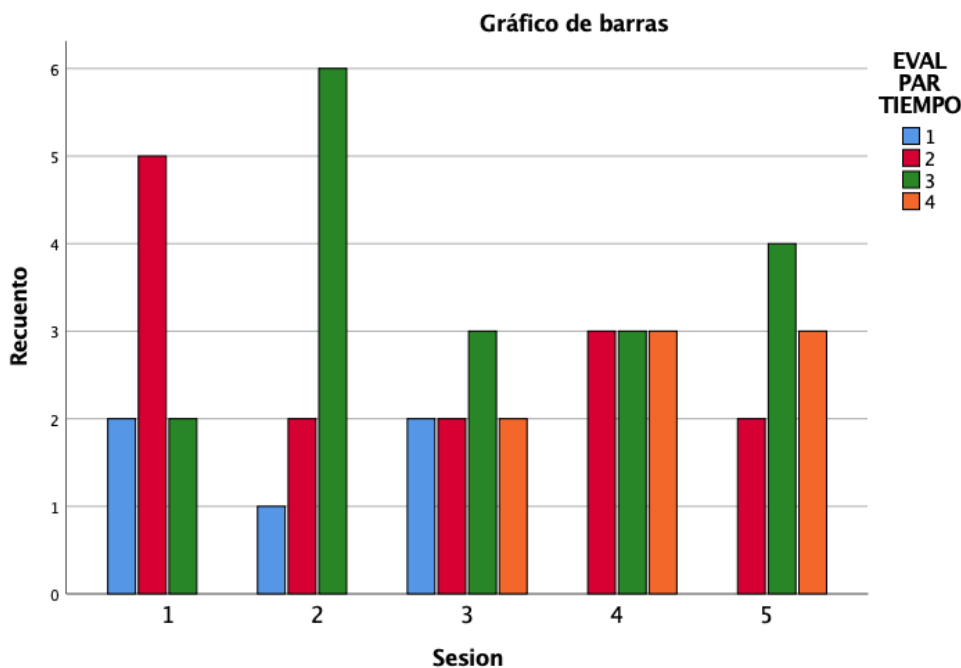
Figura 17. *Evolución de la habilidad visuoespacial por sesión*

- **Tiempo empleado en realizar la técnica**

En la primera sesión, 2 participantes (22,2 %) obtuvieron una calificación de 1, 5 participantes (55,6 %) una calificación de 2 y 2 participantes (22,2 %) una calificación de 3. En la segunda sesión, la mayoría de los participantes (66,7 %) se ubicaron en la calificación de 3, mientras que en la tercera sesión comenzó a observarse una mayor dispersión en las calificaciones, incluyendo los primeros puntajes de 4 (22,2 %). En las sesiones cuarta y quinta, aumentó la proporción de calificaciones más altas, con un 33,3 % de los participantes obteniendo una calificación de 4 en ambas sesiones.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,256$). Sin embargo, se observó una asociación lineal positiva entre el avance de las sesiones y la mejora en la calificación ($p = 0,005$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = $0,420$). (Figura 18)

Figura 18. Evolución del tiempo empleado en realizar la técnica por sesión



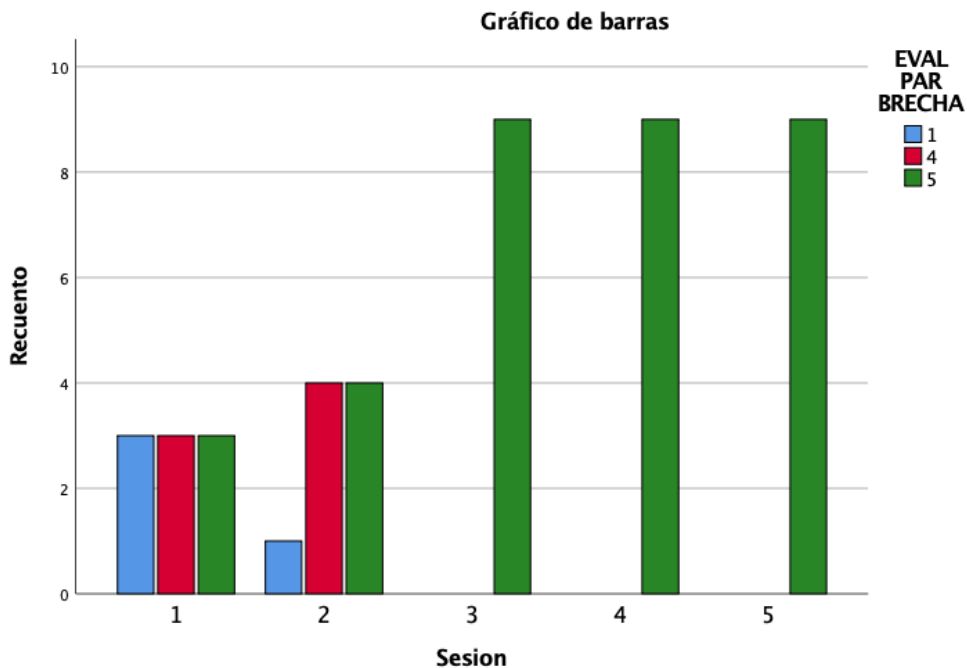
- **Evaluación de la formación de brecha**

En la primera sesión, 3 participantes (33,3 %) obtuvieron una calificación de 1, 3 (33,3 %) una calificación de 4 y 3 (33,3 %) la calificación máxima de 5. En la segunda sesión, se observó un leve desplazamiento hacia puntajes más altos, con 4 participantes (44,4 %) en las calificaciones de 4 y 5 respectivamente, y solo 1 participante (11,1 %) en la calificación de 1. A partir de la

tercera sesión, todos los participantes (100 %) alcanzaron la calificación máxima de 5, manteniéndose este resultado sin cambios en las sesiones cuarta y quinta.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sesiones ($p = 0,002$), con una clara asociación lineal positiva entre el avance de las sesiones y la mejora en la calificación ($p = 0,001$ en la prueba de asociación lineal por lineal; r de Pearson = 0,520). (Figura 19).

Figura 19. Evolución de la formación de brecha por sesión



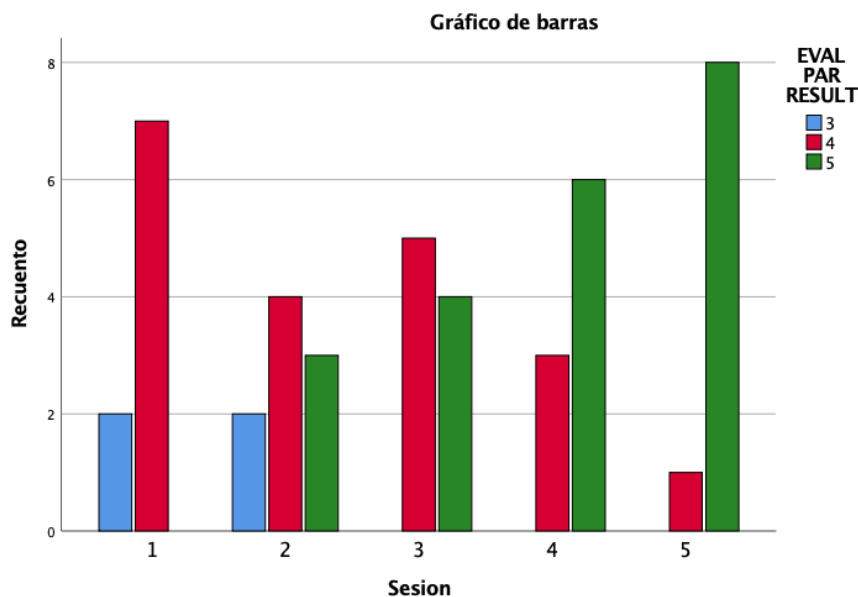
- **Resultado global en la rúbrica de evaluación**

La calificación final se obtuvo mediante la sumatoria de todos los ítems de la rúbrica de evaluación (conocimiento del procedimiento, manipulación del tendón, deformidad de la aguja, destreza manual, habilidad visuo-espacial, tiempo empleado y formación de brecha), ajustada al número entero más próximo según el criterio establecido.

En la primera sesión, la mayoría de los participantes obtuvo una calificación de 4 (77,8 %), con un 22,2 % en calificación de 3 y ningún participante alcanzando el puntaje máximo. A medida que avanzaron las sesiones, se observó un incremento progresivo en las calificaciones altas: en la segunda sesión, 33,3 % alcanzó la calificación de 5; en la tercera, 44,4 %; en la cuarta, 66,7 %; y en la quinta, 88,9 %.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las sesiones ($p = 0,011$) y una correlación positiva alta entre el número de sesión y la calificación total ($r = 0,611$; $p < 0,001$), lo que indica una mejoría sostenida del desempeño global con la práctica repetida. (Figura 20)

Figura 20. Evolución del resultado global en la rúbrica de evaluación del participante



Con el fin de sintetizar los hallazgos más relevantes, se presenta a continuación la progresión de las variables evaluadas que mostraron diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las cinco sesiones de entrenamiento. La tabla 2 resume la tendencia observada en cada variable y la significancia obtenida en el análisis estadístico.

Tabla 2. Progresión de variables con significancia estadística

Variable evaluada	Tipo de variable	p (comparación entre sesiones)	Tendencia observada
Tiempo sutura epitendinosa	Continua	0,003	Disminución progresiva de tiempo
Brecha (cualquier carga)	Cualitativa	< 0,001	Desaparición desde 3 ^a sesión
Brecha a 30 N	Cualitativa	0,002	Desaparición desde 3 ^a sesión
Brecha a 50 N	Cualitativa	< 0,001	Desaparición desde 3 ^a sesión
Manipulación del tendón	Ordinal	0,010	Mejora hasta 100 % en 4 ^a sesión
Formación de brecha (rúbrica)	Ordinal	0,002	Mejora sostenida hasta 100 %
Resultado global rúbrica	Ordinal	0,011	Incremento progresivo, 88,9 % con 5 puntos en última sesión

Adicionalmente, la percepción sobre el modelo simulado fue ampliamente positiva, con un 100% de los participantes calificándolo como “muy bueno” y “muy útil” para el entrenamiento quirúrgico.

10. Discusión

Los resultados de este estudio confirman la efectividad del modelo simulado en lograr una mejora progresiva de las habilidades técnicas y no técnicas necesarias para la reparación de tendones flexores. Variables clave como el tiempo de la sutura epitendinosa, la formación de brecha (evaluada de forma global y cargas de 30 N y 50 N), la manipulación del tendón y la calificación global de la rúbrica mostraron avances estadísticamente significativos a lo largo de las cinco sesiones, evidenciando un aprendizaje consolidado y una adquisición efectiva de competencias quirúrgicas. La progresión observada en las competencias evaluadas refuerza el valor del modelo como herramienta educativa para fortalecer la formación práctica en programas de residencia en ortopedia (12,13).

Estos hallazgos se alinean con la creciente evidencia que respalda el uso de modelos simulados para la enseñanza de procedimientos quirúrgicos complejos. En particular, estudios como el de Papavasiliou et al. (14), que emplearon un modelo impreso en 3D con tendones de silicona, reportaron mejoras técnicas similares. Sin embargo, nuestro modelo con tejido biológico ofrece una ventaja adicional en términos de fidelidad anatómica y permite evaluar directamente la resistencia a tensiones mecánicas, una métrica no contemplada en dicho estudio. Además, mientras su muestra se centró en residentes de cirugía plástica, nuestro trabajo aporta evidencia desde la especialidad de ortopedia, donde este tipo de entrenamiento ha sido escasamente documentado.

Un modelo artesanal ampliamente referenciado en la literatura es el propuesto por Ingraham et al. (15). Su estudio tuvo como objetivo principal diseñar y validar un modelo artesanal tipo *bait worm*, construido con materiales sintéticos flexibles similares a las carnadas de pesca, el cual fue posteriormente validado en tejido cadavérico. En contraste, nuestro trabajo se centró en

evaluar el progreso técnico de los participantes a lo largo de un entrenamiento longitudinal, utilizando un modelo biológico con mediciones objetivas como el tiempo de ejecución, la formación de brecha y la resistencia a tensiones, además de puntuaciones estructuradas mediante rúbricas, proporcionando así una base más completa para la evaluación formativa.

La literatura también destaca el valor de otros modelos alternativos de bajo costo. Investigaciones como las de Musbahi et al. (16) y Vinnicombe et al. (17), han explorado opciones con materiales como silicona, PVC o licorice (dulce blando en forma de cuerda utilizado como simulador básico de tendón), útiles para la práctica básica de la técnica de sutura en entornos con recursos limitados. Sin embargo, debido a la naturaleza blanda o artificial de estos materiales, no permiten realizar mediciones objetivas fiables de variables críticas como la formación de brecha, la resistencia a tensiones o la calidad del cierre. En contraste, el modelo de tendón porcino empleado en este estudio permite una simulación más anatómica y funcional, así como la evaluación cuantitativa del desempeño mediante instrumentos de medición estandarizados, lo que lo convierte en una herramienta más completa para entrenamiento y análisis técnico del desempeño.

En cuanto a la evolución del tiempo de ejecución, nuestro estudio no solo evaluó esta variable mediante la rúbrica global, sino también a través de un análisis cuantitativo en segundos para cada componente de la sutura, lo que permitió identificar una disminución progresiva del tiempo total de reparación. En particular, se encontró una reducción significativa en la sutura epitendinosa, lo que evidencia una curva de aprendizaje más marcada en este componente técnico. En el trabajo de Zetlitz et al. (18), el tiempo también fue evaluado, pero solo en un participante

individual, sin un seguimiento longitudinal grupal. Esta diferencia metodológica resalta el aporte de nuestro modelo en la evaluación dinámica del rendimiento colectivo.

En relación con la formación de brecha y la resistencia a tensiones, variables clave para la calidad de la reparación, Manchio et al. (19) y Hassan et al. (20), realizaron estudios biomecánicos que abordaron estas dimensiones, pero en contextos experimentales con tendones porcinos y tejidos cadavéricos, sin una aplicación educativa longitudinal. Nuestro estudio integra estas métricas como indicadores de progreso formativo, lo cual representa una novedad en el enfoque educativo basado en simulación.

Otra diferencia fundamental radica en la forma de evaluar el desempeño. Mientras que varios estudios revisados (como los de Ingraham, Vinnicombe y Musbahi) utilizaron evaluaciones cualitativas o subjetivas de desempeño, nuestro estudio incorporó una rúbrica estandarizada para calificar aspectos técnicos específicos, como el manejo del instrumental, la manipulación del tendón y la ejecución técnica de la sutura. Esta herramienta permite una retroalimentación más precisa y una comparación objetiva entre sesiones.

A pesar de que existen publicaciones previas con modelos de tendón porcino como los estudios de Zetlitz, Manchio y Hassan, ninguno replica las características metodológicas ni el enfoque formativo de nuestro trabajo. Este estudio integra una evaluación estructurada y progresiva en múltiples sesiones, combina rúbricas cualitativas con mediciones biomecánicas objetivas y propone un sistema adaptable a otros procedimientos quirúrgicos. Estos elementos consolidan su aporte como una herramienta pionera en la formación quirúrgica ortopédica.

Además, estos hallazgos están en línea con estudios que subrayan los beneficios de la simulación quirúrgica como herramienta educativa, no solo en la adquisición de habilidades técnicas sino también en el desarrollo de destrezas no técnicas como el control del estrés, la toma de decisiones y la coordinación intraoperatoria (21). La naturaleza progresiva del modelo permitió una evaluación sistemática del desempeño y facilitó un seguimiento formativo, elementos esenciales en la curva de aprendizaje.

Una fortaleza importante del modelo empleado radica en su accesibilidad y reproducibilidad, con bajos costos de implementación, condiciones de seguridad biológica aceptables y alto valor educativo, con implicaciones significativas para los programas de residencia (22), ya que permite estandarizar el entrenamiento de procedimientos de alta complejidad en un entorno seguro y repetible.

Aunque el estudio evaluó mejoras durante un mes, futuras investigaciones podrían explorar la retención de habilidades a mediano y largo plazo, su transferencia clínica efectiva al quirófano (23), y realizar comparaciones directas entre diferentes técnicas de simulación. Además, sería valioso replicar esta metodología en otras instituciones y con un tamaño muestral mayor, fortaleciendo así la generalización de los resultados.

11. Conclusiones

Este estudio demuestra que el entrenamiento en reparación de tendón flexor mediante un modelo simulado con tendón porcino y soporte rígido es efectivo para mejorar habilidades técnicas en residentes de ortopedia. La progresión observada a lo largo de cinco sesiones evidenció un aprendizaje significativo, respaldado por avances estadísticamente significativos en el tiempo de la sutura epitendinosa, en la formación de brecha, en la manipulación del tendón y en la calificación global de la rúbrica, así como por una tendencia de mejora en la resistencia a 50 N y en los tiempos totales de ejecución.

Además, se documentó que el tiempo total de ejecución mostró una reducción progresiva, atribuida principalmente a la mejora significativa en la sutura epitendinosa. En cuanto a la formación de brecha, esta disminuyó gradualmente hasta desaparecer a partir de la tercera sesión, con resultados significativos tanto en la evaluación cualitativa como en las pruebas de tracción a 30 N y 50 N. La resistencia biomecánica se mantuvo estable en cargas intermedias y mostró una tendencia favorable en 50 N, aunque sin alcanzar significancia estadística. Finalmente, la rúbrica permitió valorar de forma objetiva y detallada el desempeño técnico, destacando mejoras sostenidas en aspectos como la manipulación del tendón y la evaluación global, lo que confirma la utilidad del modelo para una valoración integral y formativa.

A diferencia de estudios previos centrados en aspectos aislados como la fidelidad anatómica o parámetros biomecánicos, este trabajo integra un sistema completo de entrenamiento que combina un modelo biológico de bajo costo y alta reproducibilidad, un diseño longitudinal con sesiones repetidas y una evaluación estandarizada con métricas objetivas y subjetivas. Este enfoque aporta evidencia pionera dentro del campo ortopédico y refuerza el valor de la simulación

quirúrgica como estrategia educativa sistemática para la adquisición de competencias técnicas en procedimientos de alta complejidad.

12. Fortalezas y limitaciones

Este estudio presenta varias fortalezas que refuerzan su relevancia académica y metodológica. En primer lugar, constituye una de las pocas investigaciones que evalúa el entrenamiento en reparación de tendones flexores utilizando un modelo biológico con mediciones objetivas y cuantificables, como el tiempo de ejecución, la formación de brecha y la resistencia a la tracción. Además, el diseño longitudinal, con cinco sesiones distribuidas en un mes, permitió analizar de forma progresiva la adquisición de habilidades técnicas, ofreciendo una visión más real del proceso de aprendizaje. El uso de un modelo con tendón porcino proporcionó una fidelidad anatómica y biomecánica superior frente a los simuladores sintéticos de bajo costo, favoreciendo una experiencia de entrenamiento más cercana a la realidad quirúrgica. Asimismo, la incorporación de una rúbrica estructurada y estandarizada para la evaluación técnica garantizó una medición objetiva y reproducible del desempeño de los participantes.

No obstante, el estudio presenta limitaciones que deben ser consideradas. El tamaño de la muestra ($n=9$) fue reducido, lo que restringe la extrapolación de los resultados a otras poblaciones. Por otra parte, la evaluación se limitó al entorno simulado, sin un seguimiento posterior para determinar la transferencia real de las habilidades al quirófano. Tampoco se valoró la retención de dichas habilidades en el tiempo, ya que el periodo de observación se restringió a un mes. Adicionalmente, la participación se centró exclusivamente en residentes de una única institución, lo que puede limitar la representatividad y comparación con otros contextos académicos o quirúrgicos

13. Financiación del proyecto

La ejecución de este proyecto de investigación contó exclusivamente con el recurso humano de los investigadores, quienes asumieron de forma directa los gastos relacionados con papelería, insumos para la recolección de datos y análisis de la información. No se recibieron apoyos económicos externos ni financiación de instituciones públicas o privadas. Por lo tanto, los autores declaran no tener ningún conflicto de interés vinculado al desarrollo del estudio.

Referencias

1. Klifto CS, Capo JT, Sapienza A, Yang SS, Paksima N. Flexor Tendon Injuries. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26(2):e26-e35. doi:10.5435/JAAOS-D-16-00316
2. Strickland JW. Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg Am*. 2000;25:214–35.
3. García-Perdomo HA. La educación quirúrgica actual como una herramienta para una práctica clínica más segura. *Rev Colomb Cir*. 2016;31(4):237-239. doi:10.30944/20117582.300
4. Gómez-Sánchez PI. Uso de simuladores y otras ayudas educativas en medicina. *Rev Fac Med Univ Nac Col*. 2003;51(4):227-232.
5. Herrmann-Werner A, Nikendei C, Keifenheim K, Bosse HM, Lund F, Wagner R, et al. “Best practice” skills lab training vs. a “see one, do one” approach in undergraduate medical education: an RCT on students’ long-term ability to perform procedural clinical skills. *PLOS ONE*. 2013;8(9):e76354.
6. Cannon WD Jr, Eckhoff DG, Garrett WE, et al. Report of the AOA/AAOS symposium on simulation in orthopaedic surgical education. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(13):e111. doi:10.2106/JBJS.M.00113
7. Balasundaram I, Aggarwal R, Darzi LA. Development of a training curriculum for microsurgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2010 Dec;48(8):598-606.
8. Muniz VD, Pessoa SG, Carvalho ISD, et al. Modelo práctico para treinamento em tenorrafias. *Rev Bras Cir Plást*. 2013;28(4):552–557. Disponible en: <http://www.rbc.org.br/details/1625>

9. Sachdeva AK, Pellegrini CA, Johnson KA. Support for simulation-based surgical education through American College of Surgeons–accredited education institutes. *World J Surg.* 2008;32:196–207.
10. Schellnegger M, Lin AC, Holzer-Geissler JCJ, Haenel A, Pirrung F, Hecker A, Kamolz LP, Hammer N, Girsch W. Biomechanical Comparison of Three Modified Kessler Techniques for Flexor Tendon Repair: Implications in Surgical Practice and Early Active Mobilization. *J Clin Med.* 2024 Sep 27;13(19):5766. doi: 10.3390/jcm13195766. PMID: 39407826; PMCID: PMC11477230.
11. Viinikainen, Anna & Göransson, H & Ryhänen, Jorma. (2008). Primary Flexor Tendon Repair Techniques. *Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society.* 97. 333-40. 10.1177/145749690809700410.
12. Kuronen JAE, Riski B, Leppänen OV, Karjalainen T, Linnanmäki L. The Learning Curves of Adelaide- and Gan-Modified Lim-Tsai Flexor Tendon Repair Techniques. *J Hand Surg Am.* 2024 Oct 3:S0363-5023(24)00427-1. doi: 10.1016/j.jhsa.2024.09.004. Epub ahead of print. PMID: 39365242.
13. Bari AS, Woon CY, Pridgen B, Chang J. Overcoming the learning curve: a curriculum-based model for teaching zone II flexor tendon repairs. *Plast Reconstr Surg.* 2012 Aug;130(2):381-388.
14. Papavasiliou T, Nicholas R, Cooper L, et al. Utilisation of a 3D printed ex vivo flexor tendon model to improve surgical training. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2022;75(4):1255–1260. doi:10.1016/j.bjps.2021.11.027

15. Ingraham JM, Weber RA III, Weber RA. Utilizing a Simulated Tendon to Teach Tendon Repair Technique. *Hand (N Y)*. 2009;4(2):150–155. doi:10.1007/s11552-009-9184-9
16. Musbahi A, Henton J, Longhi P. Tendon repair simulation: a comparison of training models. *J Surg Simul*. 2019;6:1–4. doi:10.1102/2051-7726.2019.0001
17. Vinnicombe Z, Asher CM, Super J, Bystrzonowski N, Katsarma E. A qualitative study of seven simulation models for tendon repairs. *J Hand Surg Eur Vol*. 2021;46(8):847–851. doi:10.1177/1753193421994470
18. Zetlitz E, Wearing SC, Nicol A, Hart AM. Objective Assessment of Surgical Training in Flexor Tendon Repair: The Utility of a Low-Cost Porcine Model as Demonstrated by a Single-Subject Research Design. *J Surg Educ*. 2012;69(4):504–510. doi:10.1016/j.jsurg.2012.01.001
19. Manchio JV, Shashikant MP, Shrivastava A, Weinzwieg J, Vernadakis AJ. Evaluation of a New 4-Strand Flexor Tendon Repair in a Cadaveric Porcine Model. *J Hand Surg Am*. 2009;34(1):102–107. doi:10.1016/j.jhsa.2008.09.007
20. Hassan S, Eisma R, Malhas A, Soames R, Harry L. Surgical simulation flexor tendon repair using Thiel cadavers: a comparison with formalin embalmed cadavers and porcine models. *J Hand Surg Eur Vol*. 2015;40(3):246–249. doi:10.1177/1753193413520281.
21. Lopes MP, Nogueira E, Pinto P, de Sousa M. Enhancing non-technical skills through surgical simulation training: a cross-sectional study on surgeons' self-efficacy. *Ann Med Surg (Lond)*. 2024 Mar;85:104059. doi:10.1016/j.amsu.2024.104059. PMID: 38452741; PMCID: PMC12060374.

22. Burhamah W, AlShawaf SM. A low-cost DIY simulator for flexor tendon repairs. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2022;10(12):e4726. doi:10.1097/GOX.0000000000004726.
23. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB. Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. *Acad Med.* 2011 Jun;86(6):706–11. doi:10.1097/ACM.0b013e318217e119. PMID: 21512370.

Apéndices

Apéndice A. Variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	CATEGORIAS	METODO DE RECOLECCIÓN
Edad	Edad registrada	Cuantitativa continua de intervalo	18, 19, 20, N años	Entrevista simulación
Sexo	Masculino o Femenino	Cualitativa nominal	Masculino o Femenino	Entrevista simulación
Lateralidad	Derecho o izquierdo	Cualitativa nominal	Derecho o izquierdo	Entrevista simulación
Tiempo en efectuar la técnica de sutura en cada visita	Tiempo en segundos empleado en realizar la técnica de sutura evaluada	Cuantitativa continua.	1, 2, 3, 4, 5, N segundos	Entrevista simulación
Formación de brecha medida con dinamómetro	Formación de brecha en área de reparación de tendón medida	Cualitativa nominal.	Si o no.	Entrevista simulación

	con dinamómetro de 2.5, 5, 10, 20, 30 y 50 N.			
Tamaño de la brecha en zona de sutura.	Distancia de la brecha medida en milímetros.	Cuantitativa continua	1, 2, 3, 4, 5, n milímetros	Entrevista simulación
Calificación de la rúbrica de evaluación.	Resultado obtenido de la evaluación.	Cualitativa categórica.	Pobre, deficiente, aceptable, bueno, o superior.	Entrevista simulación

Apéndice B. Consentimiento informado

El propósito de este documento es ofrecer a los participantes una explicación clara de la naturaleza de la investigación y del rol que desempeñarán como participantes. Este consentimiento se basa en la normativa nacional e internacional vigente, incluyendo la Declaración de Helsinki (2002) y la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio Nacional de Salud.

La investigación es conducida por **Melkin Johan Lobo Ramos**, estudiante de la especialización en Ortopedia y Traumatología de la Universidad Industrial de Santander, y por **Diego Fernando Rincón Cardozo**, profesor del posgrado de Ortopedia y Traumatología de la Facultad de Medicina de la misma universidad.

El objetivo del estudio es evaluar, mediante el uso de un modelo simulado, el desempeño en la técnica de reparación tendinosa en residentes de ortopedia. El proyecto se llevará a cabo en los laboratorios de simulación de la Facultad de Medicina de la Universidad Industrial de Santander y se desarrollará en cinco sesiones distribuidas de la siguiente forma: **primera sesión (visita inicial), segunda sesión a los dos días, tercera sesión a los cuatro días, cuarta sesión a la semana y quinta sesión al mes de iniciar la investigación.**

En la visita inicial, se proyectará un video explicativo sobre la técnica de tenorrafia (Kessler modificada y sutura epitendinosa), el uso del modelo simulado (diseñado por Diego Rincón) y el esquema de sutura. Posteriormente, el participante realizará el ejercicio en el modelo simulado,

evaluándose el tiempo de ejecución mediante cronómetro, la manipulación del tendón y el uso de instrumental mediante una rúbrica de evaluación (diseñada por Diego Rincón). También se medirá la formación de brecha en la zona de sutura (en milímetros) al aplicar una fuerza con dinamómetro de hasta 50 N.

Desde la segunda hasta la última sesión, el participante continuará el proceso de simulación y práctica, esta vez sin video ni esquema guía. En cada sesión se evaluará nuevamente el tiempo, la manipulación del tendón, la rúbrica de desempeño y la formación de brecha. En todas las sesiones se entregará retroalimentación con los resultados obtenidos.

Al finalizar el curso se realizará una evaluación global del desempeño para determinar si la metodología propuesta mejora, empeora o no modifica las competencias predeterminadas para la reparación tendinosa flexora.

La participación en el estudio es **estrictamente voluntaria**, con la libertad de ingresar o retirarse cuando así lo desee. No participar no implica ningún tipo de penalidad o sanción. Como beneficio, la participación permitirá reforzar habilidades y destrezas útiles para la práctica profesional. El estudio tiene fines exclusivamente académicos y no contempla compensación económica. De igual forma, no genera costos ni uso de recursos propios del participante.

La información recopilada será **confidencial** y no se usará con fines distintos a los de esta investigación. Los datos de la evaluación serán codificados con un número de identificación y serán anónimos. Una vez transcritos y tabulados bajo los criterios estadísticos seleccionados, los datos serán destruidos. El participante tiene total libertad de solicitar los resultados y cualquier información relacionada.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación. En todas las sesiones estará asesorado y acompañado por un instructor, quien aplicará encuestas e instrumentos de medición y registrará los resultados de desempeño.

Yo, _____, con documento de identidad tipo _____, número _____, he leído, se me ha explicado y se han respondido satisfactoriamente mis dudas, comprendiendo la información relativa a mi participación en la investigación. ACEPTO participar de manera voluntaria en este estudio.

Confirmando que me han indicado que debo realizar las actividades completas descritas en la metodología de la investigación con el fin de evaluar el desempeño en destrezas básicas de reparación tendinosa flexora.

Reconozco que la información que yo provea en el transcurso de esta investigación será estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento. Mi actividad quirúrgica en el modelo simulado será grabada, y puedo retirarme del estudio cuando lo desee, sin que esto implique perjuicio alguno.

Para resolver inquietudes sobre mi participación, puedo contactar a **Melkin Johan Lobo Ramos**, o al **Comité de Ética de la Universidad Industrial de Santander**, teléfono **6344000 ext. 3208**, correo **comitedeetica@uis.edu.co**.

Puedo solicitar información sobre los resultados del estudio cuando éste haya concluido.

Desde ya agradecemos su participación.

Nombre del Participante: _____

Fecha: _____

Firma del participante: _____

Código: _____

Apéndice C. Rúbrica de evaluación técnica.**PARTICIPANTE:****FECHA:****VISITA:** 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____**EVALUACION DE PROCEDIMIENTO**

ELEMENTO EVALUADO	POSITIVO	NEGATIVO
1. Entrada de la sutura a 1 cm de área de lesión proximal.		
2. Entrada de la sutura a 1 cm de área de lesión distal.		
3. Realiza técnica con 4 núcleos.		
4. Realiza sutura epitendinosa.		
5. Tendón abultado		
6. Resiste:		
2.5 N		
5 N		

10 N		
20 N		
30 N		
50 N		
7. Formación de brecha.		

Longitud de la brecha en milímetros:

2.5 N	
5 N	
10 N	
20 N	
30 N	
50 N	

Apéndice D. Rúbrica de desempeño del participante.

ELEMENTO EVALUADO	1 (POBRE)	2 (DEFICIEN TE)	3 (BUENO)	4 (ACEPTAB LE)	5 (SUPERIO R)
CONOCIMIEN TO DEL PROCEDIMIE NTO	Duda en hacer el procedimient o. Solicita ayuda constanteme nte para realizarlo	Solicita ayuda en 2 o más oportunidades para realizar el procedimient o.	Solicita ayuda en una oportunidad para realizar el procedimien to.	Conoce los pasos para realizar el procedimient o, pero duda.	Realiza el procedimie nto bien y no realiza preguntas.
MANIPULACI ÓN DEL TENDÓN	Utiliza las manos para manipularlo.	Utiliza manos y pinzas para manipularlo.	Utiliza pinza, pero deforma el tendón, lo oprime y deja huella.	Utiliza pinzas, pero daña la zona de lesión.	Manipula el tendón sin producir daño con pinzas.
DEFORMIDAD DE LA AGUJA	Aguja termina rota	Termina en forma de W	Termina en forma de L	Deformidad en la punta de la aguja.	Sin deformidad.
DESTREZA MANUAL	Se le caen las pinzas y	Se cae la sutura	Debe realizara	Retira la aguja	Realiza el procedimie

	la sutura constantemente.	constantemente.	fuerza para el paso de la sutura, la retira con el mismo porta agujas.	lesionando fibras del tendón.	no sin dificultad.
HABILIDAD VISUAL ESPACIAL	No es capaz de visualizar la técnica de sutura en el modelo simulado.	Planifica y realiza la técnica de sutura con dificultad para visualizarla en el tendón.	Planifica bien la técnica, pero presenta dificultad en realizarla en el tendón	Planifica bien la técnica, pero duda en realizar el paso a través del tendón.	Planifica la técnica y realiza sin dificultad.
TIEMPO EMPLEADO EN REALIZAR LA TÉCNICA	Más de 15 minutos.	Entre 10 y 15 minutos.	Entre 8 y 10 minutos.	Entre 5 y 8 minutos.	Menor de 5 minutos.
FORMACIÓN DE BRECHA	Se forma brecha mayor de 3 cm	Brecha entre 2 y 3 cm	Brecha entre 1 y 2 cm	Brecha menor de 1 cm o mayor de 1 mm.	No se forma brecha.

RESULTADO

RESULTADO	1	2	3	4	5
O	(POBRE	(DEFICIENTE	(BUENO	(ACEPTABLE	(SUPERIOR
)))))

Se realiza sumatoria de los resultados de la rúbrica y se coloca una calificación de 1 a 5, si la sumatoria da resultado es menor a punto 5, desciende al número entero previo, y si es mayor de 5 puntos se califica con el número entero siguiente.

EVALUACION DE LA ACTIVIDAD

¿Considera que el modelo simulado permite entrenarse en la técnica quirúrgica?

1	2	3	4	5
(No funciona)	(Muy poco)	(Aceptable)	(Si permite)	(Muy bueno)

¿Considera que es de valor el simulador en el entrenamiento de la reparación de tendón?

1 (Una pérdida de tiempo)	2 (Poco valor)	3 (Aceptable valor)	4 (Es bueno)	5 (Muy útil)

Apéndice E. *Registro fotográfico de las sesiones de entrenamiento*





