



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

THE AMERICAN BRITISH COWDRAY MEDICAL CENTER, I.A.P.

**VALORES DE REFERENCIA DE DESTREZAS EN ARTROSCOPIA  
DIAGNÓSTICA DE RODILLA EN SIMULADOR DE REALIDAD  
VIRTUAL EN EL CENTRO MÉDICO ABC**

TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER TÍTULO ESPECIALISTA EN:  
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA

PRESENTA:  
DRA CLAUDIA ARROYO BEREZOWSKY

ASESORES DE TESIS:  
DR ARMANDO TORRES GÓMEZ  
DR. RANULFO ROMO RODRÍGUEZ

PROFESOR TITULAR DEL CURSO:  
DR. JAVIER CAMACHO GALINDO  
CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2016

## **Firmas**

Dr. José Halabe Cherem  
Jefe de Enseñanza Centro Médico ABC

Dr. Javier Camacho Galindo  
Jefe de Curso de Ortopedia Centro Médico ABC

Dr. Armando Torres Gómez  
Curso de Ortopedia Centro Médico ABC  
Asesor de Tesis

Dr. Ranulfo Romo Rodríguez  
Asesor de Tesis

Dra. Claudia Arroyo Berezowsky  
Residente de Ortopedia Centro Médico ABC

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo que me han brindado durante mi carrera.

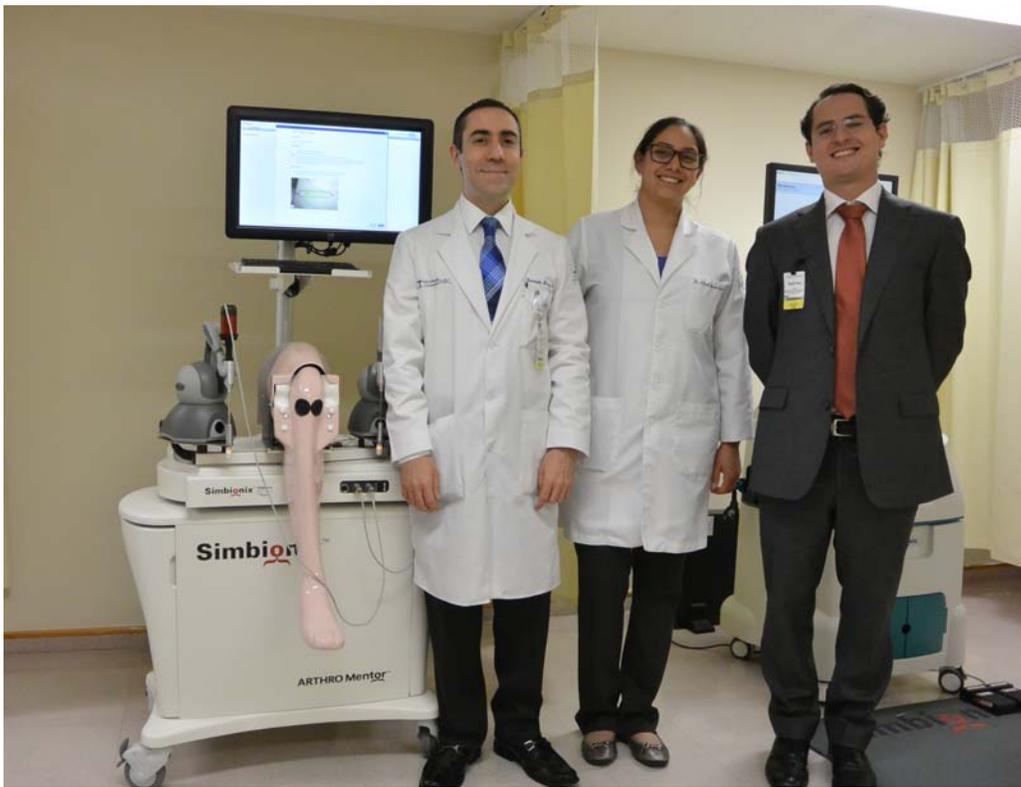
A todos los ortopedistas del Centro Médico ABC por ayudarme en mi formación como ortopedista en estos cuatro años. Particularmente quiero agradecer a los cirujanos de mano del Centro Médico ABC por enseñarme e inculcarme el gusto por la cirugía de mano. Al Dr. Pedro Jorba Elguero y al Dr. Luis Ochoa Olvera por compartir su pasión y conocimiento de la traumatología conmigo.

A mis asesores de tesis por su apoyo y consejos.

También quiero agradecer al Dr. Octavio Ruiz Speare y al personal del Centro de Entrenamiento por Simuladores por su ayuda y apoyo, así como a los médicos residentes y médicos tratantes que mostraron interés y se tomaron el tiempo para participar en este estudio.

Y finalmente, quiero agradecer al Dr. Ranulfo Romo Rodríguez, quien ha sido un gran mentor, amigo y ejemplo a seguir a lo largo de estos cuatro años.

**El equipo de investigación en el Centro de Entrenamiento con Simuladores del Centro Médico ABC.**



**De izquierda a derecha: Dr. Armando Torres Gómez, Dra. Claudia Arroyo Berezowsky y Dr. Ranulfo Romo Rodríguez**

## Índice

1. Agradecimientos .....p.4
2. Resumen ..... p. 8
3. Introducción ..... p.11
4. Marco teórico ..... p.11
  - a. La Enseñanza en Medicina y en Ortopedia ..... p.11
  - b. Cirugía Artroscópica y Teoría del Aprendizaje Psicomotor Aplicado a Artroscopia ..... p.17
  - c. Modelos de Aprendizaje Psicomotor ..... p.18
  - d. El Aprendizaje Psicomotor Desde la Perspectiva Educativa ..... p.19
  - e. Los Estilos de Aprendizaje ..... p.19
  - f. Aprendizaje Sensorimotor desde la Perspectiva Neurocientífica ..... p.21
  - g. La Ponderación Sensorial ..... p.23
  - h. El Aprendizaje Estructurado y Paramétrico ..... p.24
  - i. Particularidades de la Artroscopia y Prerrequisitos para Entrenamiento .....p.25
  - j. Generalidades Sobre la Simulación .....p.28
  - k. Tipos de Simuladores en Medicina ..... p.29
  - l. Historia de la Simulación en Medicina ..... p.30
  - m. Tipos de Simuladores en Ortopedia ..... p.33
    - i. Simulación Cadavérica ..... p.33
    - ii. Modelos Óseos Sintéticos .....p.34
    - iii. Simulación Artroscópica .....p.34
  - n. Tipos de Simuladores en Artroscopia ..... p.35
    - i. Maniqués ..... p.35
    - ii. Simuladores de realidad virtual ..... p.35
  - o. La Simulación Cognitiva ..... p.36
  - p. El Papel de los Videojuegos en el Aprendizaje Psicomotor .....p.37
  - q. Los Juegos Serios para el Cuidado de la Salud Electrónica ..... p.43
  - r. La Cirugía Artroscópica en la Actualidad ..... p.47

s.	Cambios en la Enseñanza de Habilidades Quirúrgicas en Ortopedia y Cirugía Artroscópica .....	p.48
t.	Escalas de Evaluación de Habilidades Quirúrgicas en Ortopedia y Cirugía Artroscópica .....	p.51
u.	Desarrollo de Programas de Enseñanza con Simuladores de Artroscopia .....	p.58
v.	Estudios de Validación de Simuladores en Artroscopia .....	p.60
5.	Justificación .....	p.72
6.	Objetivo .....	p.73
7.	Hipótesis .....	p.73
8.	Material y Metodología .....	p.73
a.	Descripción del simulador de realidad virtual ARTHRO Mentor™ .....	p.73
b.	Diseño del Estudio .....	p.77
i.	Cálculo de tamaño de muestra .....	p.77
ii.	Criterios de inclusión .....	p.77
iii.	Criterios de exclusión .....	p.77
iv.	Definiciones .....	p.77
c.	Cronograma de Actividades .....	p.78
d.	Metodología .....	p.78
e.	Variables .....	p.78
f.	Recursos Humanos .....	p.85
g.	Recursos Institucionales .....	p.85
h.	Recursos Materiales .....	p.85
i.	Análisis Estadístico .....	p.85
9.	Resultados .....	p.87
10.	Discusión .....	p.127
11.	Conclusión ...	p.139
12.	Bibliografía .....	p.141
13.	Anexos.....	p.145

## **Resumen**

### **Objetivo**

El objetivo de este estudio es establecer valores estándar para artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador en el simulador de realidad virtual ARTHRO Mentor™ en residentes y médicos tratantes del Centro Médico ABC.

### **Material y Métodos**

En este estudio participaron 18 médicos residentes, 10 médicos tratantes artroscopistas y 10 médicos tratantes no artroscopistas. Todos realizaron tres veces dos ejercicios en el simulador de artroscopia de rodilla ARTHRO Mentor™. El primero fue una artroscopia diagnóstica sin gancho palpador y el segundo una artroscopia diagnóstica con gancho palpador. Se analizaron las siguientes variables registradas por el simulador: tiempo de compleción del ejercicio, distancia viajada por los instrumentos, rudeza de los instrumentos y calificación global en el ejercicio. Las variables continuas fueron sometidas a pruebas de normalidad (Kolmogorov – Smirnov y Shapiro- Wilk); las variables paramétricas se describieron como media (desviación estándar) y las no paramétricas como mediana (rango intercuartil - RIC, mínimo – máximo). Las variables categóricas (cualitativas) se describieron como frecuencias absolutas y relativas (%). Las comparaciones entre variables numéricas paramétricas se hicieron con *t* de Student y U de Mann - Whitney para las no paramétricas. Las comparaciones entre variables categóricas se realizaron con prueba exacta de Fisher o Chi al cuadrado dependiendo de la cuenta de esperados. Se calcularon las diferencias y se reportan en valor absoluto a partir de medias o medianas. A las medianas se les reporta el intervalo de confianza al 95%. Un valor de *p* a dos colas  $\leq 0.05$  se consideró significativo.

### **Resultados**

En la artroscopia diagnóstica sin gancho el promedio del tiempo para los tres grupos fue 207.17 segundos (127.42, 103.67 – 198.33), el promedio de la distancia viajada por la cámara fue 1067 mm (714.83, 458.67 – 3474), el promedio de la rudeza de la cámara fue 17.84 N (17.25, 4.33 – 88.33) y el promedio de calificación fue 6.96 (1.09). En la

artroscopia diagnóstica con gancho palpador el promedio de tiempo de los tres grupos fue 155.67 segundos (124.50, 78.33 – 424.67), el promedio de distancia viajada por la cámara fue 553.17 mm (431.25, 217.33 – 1374), el promedio de la rudeza de la cámara fue 17.83 N (17.25, 4.33 – 88.33), el promedio de la distancia viajada por el gancho fue 1364.50 mm (959, 450 – 3496), el promedio de la rudeza del gancho fue 11.84 N (16.16, 3 – 60) y el promedio de calificación fue 7.22 (2.03, 4.55 – 9.48).

En la artroscopia diagnóstica sin gancho palpador, el promedio del tiempo de los residentes fue 173.34 segundos (122.25, 119 – 415.33) y de los médicos tratantes 219 segundos (155.42, 103.67 – 198.33)  $p = 0.141$ , el promedio de la distancia viajada por la cámara por los residentes fue 948.50 mm (559.66, 527.33 – 2326.33) y de los médicos tratantes 1234.34 mm (722.92, 458.67 – 3474)  $p = 0.186$ , el promedio de la rudeza de la cámara de los residentes fue 18.50 N (17.08, 4.33 – 88.33) y de los médicos tratantes 17.34 N (19.58, 8.33 – 76.67)  $p = 0.942$ , el promedio de calificación de los residentes fue 7.12 (1.07) y el de los médicos tratantes 6.82 (1.11)  $p = 0.401$ .

En la artroscopia diagnóstica con gancho palpador, el promedio del tiempo de los residentes fue 185.34 segundos (124.26, 78.33 – 417.67) y el de los médicos tratantes 137.67 segundos (123.17, 94.67 – 424.67)  $p = 0.409$ , el promedio de la distancia viajada por la cámara de los residentes fue 533.84 mm (415.83, 217.33 – 1001) y el de los médicos tratantes 576.67 mm (427.17, 296.33 – 1374)  $p = 0.988$ , el promedio de la rudeza de la cámara de los residentes fue 5 N (16.09, 0.33 – 46.33) y el de los médicos tratantes 5.67 N (21.83, 0.67 – 42.67)  $p = 0.654$ , el promedio de la distancia viajada por el gancho de los médicos residentes fue 1577 mm (1055, 450 – 2747) y el de los médicos tratantes 1034.67 mm (890, 667 – 3496)  $p = 0.158$ , el promedio de la rudeza del gancho de los médicos residentes fue 16.34 N (17.59, 3 – 60) y el de los médicos tratantes 11.50 N (15.17, 4.67 – 35.33)  $p = 0.443$ , por último, el promedio de calificación de los residentes fue 6.93 (1.32) y el de los médicos tratantes 7.20 (1.33)  $p = 0.549$ .

## **Conclusión**

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el desempeño en artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador en el simulador de realidad virtual de rodilla entre médicos residentes y médicos tratantes del Centro Médico ABC.

Establecimos las puntuaciones estándar de referencia para la artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador de residentes y de médicos tratantes.

Existe oportunidad para mejorar las calificaciones y propongo un plan de entrenamiento formal para artroscopia en el centro de entrenamiento por simuladores. Este programa se deberá reevaluar cuando los actuales R1 terminen la residencia para determinar si existe mejoría o no en los puntajes. También se deberá comparar sus resultados con los de los residentes que se graduarán antes sin haber tenido un programa formal de entrenamiento con simuladores durante toda su residencia.

## **Introducción**

Vivimos una época de cambios de paradigmas en la enseñanza médica, especialmente en la enseñanza de habilidades quirúrgicas. Con los cambios en los programas de residencia médica como restricciones en los horarios de trabajo, mayor riesgo de demandas médico legales y mayor dificultad técnica de algunos procedimientos quirúrgicos, cada vez hay menos oportunidad para que los residentes aprendan y practiquen habilidades quirúrgicas en la sala de operaciones. Así mismo, cada vez más existe la necesidad de documentar la adquisición de habilidades quirúrgicas de los residentes de manera objetiva. Estos cambios están impulsando el desarrollo y adaptación de la tecnología para la enseñanza de habilidades psicomotoras en las especialidades quirúrgicas. Globalmente se está buscando desarrollar nuevos programas de enseñanza que incorporen la simulación como herramienta pedagógica y herramienta de evaluación en la adquisición de estas habilidades. En ortopedia, la artroscopia es un procedimiento complejo por el conjunto de habilidades tan particular que requiere y que se presta a la simulación. Actualmente se están concentrando los esfuerzos de investigación globales para validar los simuladores disponibles para artroscopia, diseñar herramientas de evaluación y establecer programas formales de enseñanza con ellos.

## **Marco Teórico**

### **La Enseñanza en Medicina y en Ortopedia**

Tradicionalmente, la medicina ha seguido un modelo de enseñanza vertical, a través de mentores, con el objetivo de ayudar a los doctores jóvenes a desarrollarse profesionalmente. Este modelo persiste hasta la actualidad, particularmente en estudios de postgrado. En una revisión de este modelo de enseñanza a través de diferentes campos clínicos, se demostró que menos del 20% de los miembros jóvenes de cuerpos médicos podían identificar un mentor.<sup>1</sup> Esto nos lleva a cuestionar si, en la actualidad, este modelo de enseñanza es el adecuado para la formación de médicos generales y especialistas. La medicina ha sufrido cambios en las últimas décadas que han redituado en una falta de práctica en los residentes,

éstos son: restricción de horas laborales, mayores dificultades económicas y legales, mayor complejidad de los procesos diagnósticos y terapéuticos y mayor especialización. En su conjunto, estos cambios han disminuido la oportunidad de aprendizaje de los estudiantes y residentes durante el contacto con los pacientes en el quirófano y en la consulta, por lo que se están buscando alternativas para suplir esa falta de práctica y preparar adecuadamente a los médicos egresados de diferentes especialidades. La traumatología y ortopedia no está eximida de estas dificultades, ya que es un campo altamente práctico, donde está documentado que las escuelas de medicina globalmente no destinan suficiente tiempo para su aprendizaje en pregrado, contando con aproximadamente tres a cuatro semanas durante los cinco a seis años que dura la carrera de medicina.<sup>1</sup> Esto lleva al residente de nuevo ingreso a un campo desconocido, en donde en general, no hay un sistema formal de enseñanza y no existe una manera reconocida internacionalmente de comprobar la adquisición de habilidades prácticas.

Se han estudiado los problemas de enseñanza en las residencias de ortopedia en Estados Unidos y se ha visto que en un hospital, los ortopedistas adscritos al servicio generalmente enseñan a los residentes en tres situaciones diferentes: seminarios o sesiones didácticas (clases), dentro del quirófano o encuentros con pacientes en el hospital o en la consulta externa. Por lo tanto, un programa de residencia requiere suficiente personal para poder abarcar enseñanza en las tres áreas, ya que son pocos los adscritos que enseñan en estas tres esferas.<sup>1</sup>

El comité de revisión de residencia ortopédica requiere que los programas de residencia en Estados Unidos cumplan por lo menos cuatro horas de sesiones didácticas a la semana. Actualmente, los hospitales y pacientes son menos receptivos para que un residente o estudiante *aprenda sobre la marcha*, ya sea en quirófano o en contacto con el paciente.<sup>1</sup> Para compensar esta falta de práctica disponible para los residentes, especialmente en quirófano, los programas de residencia han explorado alternativas que principalmente se basan en la simulación de situaciones reales por diferentes medios. Así han surgido talleres de habilidades quirúrgicas con modelos animales o cadavéricos o simuladores quirúrgicos de diferentes niveles de sofisticación, que van desde maniqués hasta simuladores de

realidad virtual con retroalimentación háptica. Las desventajas de muchos de estos métodos de simulación son que tienen un alto costo, requieren tiempo e instalaciones especiales, algunos no permiten uso repetido, y para algunos no se ha demostrado una adecuada transferibilidad de habilidades al quirófano.<sup>1</sup>

El comité de revisión de residencia ortopédica también requiere que todos los programas de residencia cuenten con evaluaciones formales de los residentes en cada rotación acompañadas de retroalimentación para que ellos puedan conocer áreas de fortaleza, de deficiencias y de oportunidad de mejora. Estas evaluaciones deberían estar basadas en objetivos específicos para cada rotación y deberían ser realizadas a la mitad, al final de la rotación y revisadas anualmente. Esto generalmente no se lleva a cabo. Las razones que se han encontrado para que esto suceda son: algunos médicos dan retroalimentación de manera oportuna mientras participan con el residente pero no la formalizan por escrito, otros dan retroalimentación al final del curso y otros nunca completan las evaluaciones. Un gran problema con las evaluaciones de habilidades motoras, es que generalmente el residente obtiene autonomía quirúrgica en grados más avanzados, por lo que las deficiencias motoras se vuelven evidentes más tarde en el programa y son más difíciles de corregir o implican la toma de decisiones difíciles en grados avanzados.<sup>1</sup>

Por ahora no se ha logrado desarrollar una estrategia involucrar a los médicos adscritos en los hospitales con los programas de residencia. Se ha identificado la falta de oportunidad y de interés en capacitación formal de los médicos adscritos y maestros por parte de hospitales como uno de los principales obstáculos para los programas de residencia. Basado en esto se han diseñado muchas propuestas para generar interés en enseñanza que van desde apoyo para capacitación en enseñanza médica hasta puntos curriculares especiales ligados a la enseñanza.<sup>1</sup> Se están haciendo intentos para establecer programas de enseñanza ortopédica formales y globales pero individualizados para cada país<sup>1,2,3</sup> así como establecer alguna manera de evaluar la adquisición, transferibilidad y mantenimiento de habilidades motoras para cirugía durante y después de la residencia.

En 2015, en la revista *Orthopedic Reviews*, se publicó un artículo llamado “el proyecto TROJAN”. Para este proyecto, los autores aplicaron encuestas a médicos generales recién egresados de Sudáfrica y del Reino Unido que habían trabajado en un servicio de ortopedia para ver qué temas sentían que hubieran sido importantes aprender durante la licenciatura para llegar preparados al trabajo de campo en traumatología y ortopedia. Se encontraron varias diferencias entre los países. En Sudáfrica pedían más conocimiento de trauma, habilidades como reducciones y manejo de fracturas expuestas, mientras que en el Reino Unido pedían más conocimiento sobre fracturas de cadera y manejo médico de pacientes de edad avanzada. Sin embargo, coincidieron en el interés en reducción de fracturas de muñeca, interrogatorio y exploración física del sistema musculoesquelético.<sup>1</sup> Los autores dedujeron que los residentes en programas de ortopedia debían tener esas deficiencias y requerirían entrenamiento en esos temas para poder aplicarlo a las situaciones con las que estarían en contacto día a día durante su entrenamiento de postgrado. Desarrollaron el programa de enseñanza llamado entrenamiento solicitado por doctores jóvenes y novatos en ortopedia o TROJAN por sus siglas en inglés, cuyo objetivo era desarrollar habilidades ortopédicas básicas de acuerdo a sus requerimientos locales. Siguiendo las recomendaciones en la literatura actual, decidieron limitar el número de horas de clases y dedicaron tiempo a talleres donde se aprendieran habilidades prácticas como reducciones de fracturas y luxaciones. Aún continúan con el estudio piloto, pero reportan hasta ahora excelentes resultados gracias a la retroalimentación de los participantes.<sup>1</sup>

En Gran Bretaña también se realizó un programa piloto para establecer metas y formas de evaluaciones objetivas en los programas de residencia de ortopedia. La manera tradicional de evaluar a los residentes consistía en un proceso llamado Record in Training Assessment (RITA), que podría traducirse como evaluación por registro de entrenamiento. Este método se basa en el llenado de formas por parte de residentes y maestros, sin embargo, se consideró poco objetivo y poco acertivo.<sup>2</sup>

El comité de educación de la asociación ortopédica británica y el comité de asesoría de especialistas en trauma y ortopedia (SAC por sus siglas en inglés) decidieron mejorar el portafolio de evaluación en competencias a través de herramientas de asesoría y

propusieron un nuevo proyecto para evaluación de competencia ortopédica, conocido como OCAP por sus siglas en inglés.<sup>2</sup>

Este programa reconoce la necesidad de una batería de herramientas para evaluar diferentes áreas de desempeño de un residente descritas por Miller. Según Miller, existen diferentes niveles para valorar el conocimiento, que son: *sabe*, *sabe cómo*, *demuestra cómo* y *hace*, y las mostró gráficamente en una pirámide por orden jerárquico de complejidad. **Ver figura 1.** El *saber* y *saber cómo* pueden examinarse por medio de formatos definidos. El *enseñar cómo* puede ser valorado con evaluaciones clínicas o exámenes orales, sin embargo, el *hacer* requiere valoración en tiempo real y es el punto de interés para OCAP.<sup>2</sup>



Figura 1<sup>2</sup>

Pirámide de Miller que define niveles de evaluación de un problema

Se sabe que cualquier método de evaluación debe ser válido y confiable para ser objetivo. La validez en enseñanza se refiere a qué tan seguro está el evaluador al calificar o cualificar el aprendizaje que se alcanza sobre determinado conocimiento y si corresponde con la realidad en la cuál se desarrolló ese aprendizaje.<sup>3</sup> Ésta puede darse en un escenario clínico real. La confiabilidad en enseñanza se define como el esfuerzo del evaluador para asegurar la pertinencia y permanencia tanto del procedimiento como de las estrategias y métodos utilizados para evaluar el aprendizaje.<sup>3</sup> Requiere de una herramienta de valoración que a su vez sea práctica, consistente y fácil de repetir<sup>2</sup>

Para este programa hay dos tipos de instrumentos: el primero es el establecimiento de objetivos y el segundo, asesoría y evaluación. **Ver figura 2.** La primera parte se lleva a cabo en una entrevista, que ha sido validada en dos programas de residencia en el Reino Unido, en la que el residente y el maestro se conocen y el maestro establece un perfil del residente basado en un formato pre establecido y validado por un panel de expertos. En este perfil se identifica el nivel del residente en conocimiento y experiencia, se establecen metas y expectativas realistas en conjunto y los aspectos de desempeño que serán evaluados al final de un periodo determinado. Estas metas deben ser revisadas regularmente entre el

maestro y el residente, dejando lugar para ajustes, entendiendo que la medicina es una disciplina dinámica. Al final del periodo establecido, se comparan las metas con la evaluación y los logros del residente.<sup>2</sup>

El otro aspecto de OCAP es la colección de evaluaciones de desempeño, que son evaluaciones integrales de actividad clínica con un enfoque holístico, en donde se busca capturar actividad la relevante que se lleva a cabo con suficiente frecuencia, para permitir su medición confiable. Aquí se evalúan las habilidades del residente en un ambiente clínico – quirúrgico en el que no importa únicamente el conocimiento teórico, sino la comunicación con el paciente y personal, la planeación, la habilidad para operar, la aplicación de conocimiento durante el procedimiento quirúrgico, la capacidad de adaptarse a lo inesperado y la comunicación de instrucciones postquirúrgicas claras al paciente entre otros. Este formato ha sido comparado con los mini exámenes de toma de historia clínica utilizado por el Colegio Real de Médicos para evaluar las capacidades de comunicación del residente con el paciente. Están basadas en dieciocho habilidades y conocimientos representativos para traumatología y ortopedia que incluyen actividades en hospital, consulta y quirófano. Las fortalezas de este programa son que, no sólo cuenta con una lista de procedimientos, sino que permite a los evaluadores tener una idea clara de los dominios de competencia del residente y así evaluar y cuantificar su progreso.<sup>2</sup>

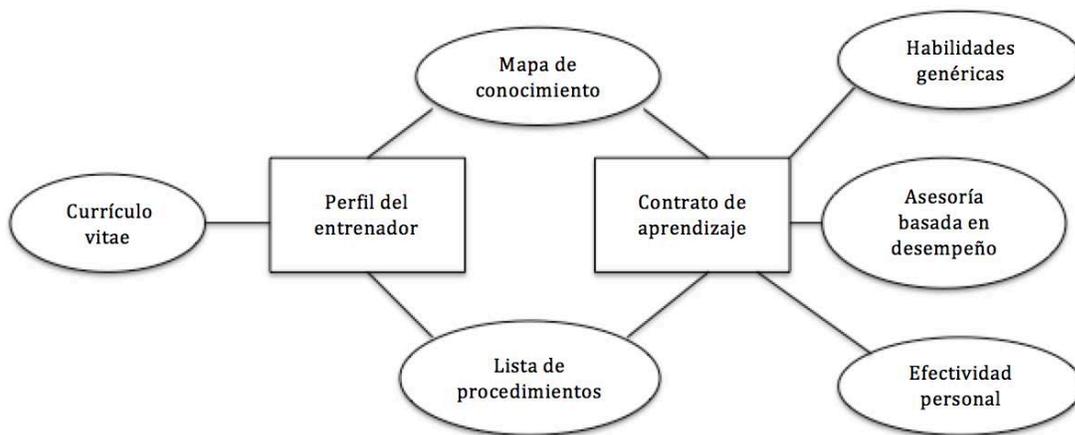


Diagrama de sistema y herramientas para OCAP

**Figura 2 Diagrama de los componentes del programa OCAP**

Los instrumentos de OCAP han sido revisados y los estudios de triangulación sugieren que son válidos. Hasta ahora también han mostrado ser confiables, pero aún se están llevando a cabo estudios inter observador. Este modelo de enseñanza y evaluación ha permitido que en Gran Bretaña se cuente con un currículo académico que cumple con los estándares nacionales y provee a los programas de residencia de una estructura homogénea, práctica, entendible y útil para los residentes y los maestros.<sup>1,2</sup>

Es claro que existe un gran interés en formalizar los programas de residencia y establecer metas concretas y realistas de conocimiento y habilidades que el residente requiere antes de completar su formación académica como ortopedista. Pero para poder diseñar un programa de entrenamiento psicomotor, hay que entender cómo se adquieren estas habilidades.

### **Cirugía Artroscópica y Teoría del Aprendizaje Psicomotor Aplicado a Artroscopia**

La cirugía artroscópica es uno de los procedimientos ortopédicos más comunes en la actualidad. Es un procedimiento quirúrgico altamente demandante técnicamente que requiere coordinación visuoespacial para manipular instrumentos mientras se interpretan estructuras en tercera dimensión en una imagen en dos dimensiones.<sup>5</sup> El rango y complejidad de las tareas involucradas en artroscopia es amplio, el uso de instrumentos artroscópicos reta las habilidades sensorimotoras del cirujano al involucrar la adquisición de información sensitiva limitada y distorsionada a través de un intermediario entre la mano y el elemento anatómico que está siendo manipulado y al solicitar la implementación de mecanismos de adaptación para la manipulación de esos instrumentos.<sup>14</sup>

Una actividad motora compleja se define como la unión de destrezas motoras básicas. El entrenamiento motor básico es un tema bien definido en diferentes campos, como la música o los deportes para alcanzar una habilidad motora compleja.<sup>6,7</sup> Hay quien ha propuesto desglosar una cirugía en pequeñas actividades motoras básicas que deben entrenarse individualmente para después lograr una adecuada integración. Se cree que el desarrollo de habilidades motoras básicas eficientes y habilidades visuoespaciales resultará en aprendices que sean capaces de volver las acciones automáticas antes de iniciar una artroscopia real.

De esta manera, dividir el aprendizaje de un procedimiento quirúrgico en la práctica y dominación de habilidades básicas de manera individual, puede permitir que el sujeto en entrenamiento tenga un mejor desempeño global.<sup>14,15</sup> Debido a la creciente aceptación de este enfoque para el entrenamiento de habilidades motoras, Merrinböer dijo en 2002 que se debe tener cuidado al asumir que el aprendizaje de una tarea compleja es sólo la suma de muchas habilidades básicas, ya que una tarea compleja, como una cirugía, incluye la habilidad para coordinar e integrar esas partes individuales y saber reaccionar ante dificultades no previstas.<sup>7</sup>

A continuación se exponen las teorías de aprendizaje psicomotor desde un punto de vista educacional y neurocientífico.

### **Modelos de Aprendizaje Psicomotor**

Fitts y Posner propusieron en 1967 un modelo de tres etapas para aprender una habilidad psicomotora. Estas tres etapas son: etapa cognitiva, etapa asociativa y etapa autonómica. La etapa cognitiva se relaciona estrechamente con el conocimiento del individuo. Las tareas y acciones consecutivas que debe llevar a cabo para lograrlo generalmente están bien definidas. Aquí el individuo debe pensar cada paso, lo que resulta en acciones lentas e intermitentes. En la etapa asociativa, como el sujeto ya asimiló el componente cognitivo, ahora es libre de enfocarse en los detalles de las acciones para completar la tarea que debe realizar. Las acciones requeridas se dividen en diferentes habilidades sensorimotoras y se practica la transición entre éstas. Hay menor tiempo destinado a pensar las acciones pero aún no son completamente fluidas. En la última etapa, el individuo puede ejecutar las habilidades sensorimotoras necesarias de manera fluida y logra completar la tarea eficientemente. Una característica de este modelo es que se progresa rápidamente a través de las etapas iniciales, pero más lentamente hacia la etapa autonómica.<sup>7</sup>

Simpson describió otro modelo de aprendizaje psicomotor que consiste en seis etapas diferentes: percepción, habilidad para llevar a cabo una tarea bajo supervisión, habilidad para llevar a cabo una tarea sin supervisión, habilidad para llevar a cabo un patrón complejo

de tareas simples, habilidad de responder ante nuevas situaciones modificando el plan de acción y la habilidad de desarrollar nuevos planes de acción. Este modelo representa la transformación de un novato a un experto, es la base de algunas de las escalas de evaluación en quirófano de las que se hablará más adelante y es el objetivo último de un cirujano.<sup>7</sup>

### **El Aprendizaje Psicomotor Desde la Perspectiva Educacional**

En 1956, un grupo de psicólogos educacionales liderado por Benjamin Bloom, desarrolló una clasificación de objetivos educacionales conocida como la taxonomía de Bloom. Esta clasificación divide los objetivos de la enseñanza en tres dominios: cognitivo, afectivo y psicomotor. El aprendizaje en niveles superiores depende la obtención del conocimiento y las habilidades de los niveles inferiores. En 1970, Dave fue el primero en explorar a fondo el dominio psicomotor y en sugerir el rol de la imitación o simulación para aprender. En 1990, Anderson y su grupo de colaboradores actualizaron el modelo taxonómico para que coincidiera con los sistemas educacionales actuales.<sup>7</sup>

El dominio psicomotor no puede ser explicado únicamente por conocimiento o experiencia. Se enfoca en el desarrollo de habilidades sensorimotoras que involucran velocidad, certeza, gracia de movimientos y destreza. Mientras aumenta la complejidad de las habilidades motoras, la cantidad de habilidades globales necesarias para desempeñar una tarea también aumenta. Por esto, el aprendizaje psicomotor no puede ser aislado del dominio cognitivo, el sujeto en aprendizaje debe tener siempre información teórica sobre la habilidad a desarrollar.<sup>7</sup>

### **Los Estilos de Aprendizaje**

Se han definido tres estilos de aprendizaje en adultos: el visual compone aproximadamente al 65% de las personas, el auditivo al 30% y el kinestésico es el 5% restante. Los aprendedores visuales son los más efectivos en comunicación escrita y manipulación de símbolos. Requieren imágenes, presentaciones, diagramas o videos para aprender. Los

aprendedores auditivos utilizan principalmente discusiones y debates como manera de aprender y los kinestésicos aprenden a través de movimiento, manipulación y espacio. Éstos últimos aprenden habilidades a través de la imitación y la práctica y se benefician de juegos y sesiones de entrenamiento práctico.<sup>7</sup>

En 2011, Gardner propuso una teoría de inteligencia múltiple, en donde explica que cada individuo tiene nueve tipos diferentes de inteligencia en diferente proporción. Esta proporción puede cambiar en el tiempo dependiendo de las circunstancias en las que se encuentren los sujetos. En la **tabla 1** se muestran los tipos de inteligencia. De acuerdo a esta teoría, cada tipo de aprendizaje se correlaciona con estos tipos de inteligencia y debido al comportamiento dinámico de los individuos en este aspecto, resulta difícil diseñar un programa ideal de entrenamiento artroscópico generalizado. Lo ideal sería aplicar un cuestionario para identificar los tipos de inteligencia predominantes y el estilo de aprendizaje de cada sujeto antes de iniciar un programa de entrenamiento.<sup>6</sup> Así, para desarrollar un programa de entrenamiento eficiente, se debe contar con información teórica

**Tabla 1**<sup>7</sup>

**Tipos de Inteligencia Múltiple según Gardner**

<b>Tipos de Inteligencia Múltiple</b>	<b>Incorporado a materia del sujeto</b>	<b>Manera de demostrar entendimiento</b>
<b>Lingüística</b>	Libros, historias, discursos, visitas de autor	Escritura de historias, narración
<b>Lógico</b>	Ejercicios, resolución de problemas	Calcular, desarrollar teorías, demostración, programación
<b>Musical</b>	Discos, acudir a conciertos	Cantar, tocar instrumentos, componer, actuar
<b>Visuo – Espacial</b>	Carteles, trabajo de arte, gráficas, carteles, videos, visitas a museos	Dibujar, ilustrar, collages, fotografía
<b>Kinestésico corporal</b>	Películas, animaciones, ejercicios	Bailar, competencia atlética, composición
<b>Interpersonal</b>	Trabajo en equipo, roles de especialista	Debates, paneles, trabajo en equipo
<b>Intrapersonal</b>	Tiempo de reflexión, meditación	Diarios, hábitos, crecimiento personal
<b>Naturalista</b>	Acuarios, mascotas, granjas, caminatas en la naturaleza, visitas museos	Colección, clasificación, cuidado de animales y naturaleza
<b>Existencial</b>	Trabajar en causas, caridad	Servicio comunitario

de las habilidades que se desean enseñar, el estilo de aprendizaje e, idealmente, el tipo de inteligencia predominante del sujeto.

### **Aprendizaje Sensorimotor Desde la Perspectiva Neurocientífica**

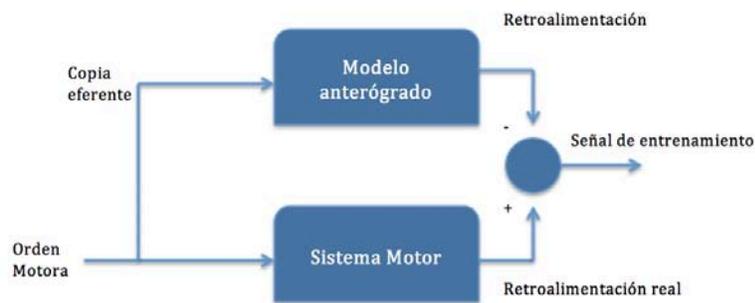
Cuando utilizamos herramientas nuevas en cualquier contexto, nos exponemos a un ambiente mecánico nuevo. Inicialmente, las herramientas perturban nuestros movimientos, pero después de un periodo de práctica logramos procesar un aporte sensitivo externo como propiocepción o información visual para lograr una emisión deseada por nuestra parte, es decir, mover la punta del instrumento que estemos utilizando. El aprendizaje de habilidades quirúrgicas puede pensarse como el proceso de dominación y adaptación de esas integraciones sensorimotoras y pueden requerir cientos de movimientos dependiendo de la complejidad. Se cree que por estas razones, la curva de aprendizaje de técnicas quirúrgicas de mínima invasión es mayor que aquella para procedimientos abiertos tradicionales.<sup>7</sup>

En las últimas décadas se ha obtenido un gran conocimiento sobre el aprendizaje psicomotor de las habilidades quirúrgicas. El aprendizaje psicomotor se define como una interacción entre las funciones cognitivas y una actividad física, con énfasis en el aprendizaje de actividades coordinadas que involucran brazos, manos, dedos y pies. Una habilidad psicomotora es el potencial para producir movimientos musculares voluntarios después de un periodo de práctica.<sup>7</sup>

Existe una teoría en la que se cree que para aprender a controlar un nuevo instrumento se produce un modelo interno que se ajusta a ese instrumento. Un modelo interno representa las transformaciones sensorimotoras involucradas en el uso del instrumento. Es definido como un proceso neural que simula la respuesta del sistema motor para estimar el desenlace de una orden motora mientras se utiliza ese instrumento. Existen dos tipos de modelos internos: el modelo anterógrado y el modelo inverso. A continuación se describen ambos.<sup>7</sup>

El modelo anterógrado describe la relación causal entre nuestras interacciones con el instrumento, el ambiente y la retroalimentación sensorial que resultará de estas

interacciones. Permite predecir las consecuencias sensoriales de nuestras acciones con base en la copia interna de una señal que será generada por nuestro sistema motor para producir el movimiento deseado. Es conocida como señal eferente. Estas predicciones resultan esenciales para la adquisición de una señal de entrenamiento cuando se aprende una nueva actividad. Un ejemplo en artroscopia es la escala de movimiento visual del instrumento visto a través de un monitor en dos dimensiones. Cuando un sujeto entra en contacto con una imagen artroscópica por primera vez, desconoce la escala real de los instrumentos dentro de la articulación y su relación con lo visto en la pantalla. Esto hará que los movimientos sean sub o sobreestimados y el movimiento del instrumento será erróneo. El sujeto no podrá lograr contacto con la estructura deseada. En la siguiente repetición de este movimiento, el sujeto generará una orden motora adaptada y el error probablemente será menor. <sup>7</sup> Ver figura 3.



Los modelos anterógrados son necesarios para aprender. Una copia de la orden motora se utiliza para predecir retroalimentación sensorial. Esta predicción es comparada con la retroalimentación real percibida por el sujeto. La discrepancia entre señales puede utilizarse para entrenamiento

**Figura 3<sup>6</sup> Modelo anterógrado**

El modelo inverso utiliza la transformación opuesta. En este caso se obtiene una orden motora a partir de la consecuencia sensorial deseada. Por ejemplo, si el sujeto desea alcanzar un punto específico en el monitor, debe coordinar el movimiento necesario para lograrlo. En el caso presentado en el modelo anterógrado, la señal de error de movimiento generada por una mala percepción de la dimensión puede ser utilizada para actualizar este modelo inverso e inducir aprendizaje. Así, el sujeto será capaz de alcanzar el punto deseado en la imagen.<sup>7</sup>

Para aprender artroscopia es indispensable construir modelos retrógrados para la manipulación de instrumentos y modelos anterógrados para predecir las consecuencias de este control.<sup>7</sup>

### **La Ponderación Sensorial**

La exactitud de la señal de error generada con la ayuda de modelos anterógrados no sólo depende de la retroalimentación predicha por los modelos internos, también depende de la exactitud de nuestra estimación sensorial real. En artroscopia, la visión alterada por el lente angulado a 30° hace que las señales visuales y propioceptivas no estén alineadas. Además, existen muchas señales externas distractoras como el ambiente dentro del quirófano y la fricción y fuerzas de reacción percibidas a través de los instrumentos. Estas interferencias sensoriales causan movimientos torpes y poco certeros, especialmente en novatos.<sup>6</sup>

Se ha demostrado que, cuando alguien conoce la confiabilidad de la información sensorial percibida por su cerebro, esa persona es capaz de combinar la información de manera óptima y ajustar sus movimientos de manera necesaria. Esta información no es únicamente la percibida a través de los instrumentos, sino el conjunto de señales percibidas por el sujeto dentro del quirófano durante la cirugía. Es lógico que las circunstancias dentro del quirófano no son siempre las mismas. Existen muchas condiciones variables con las que se puede encontrar un sujeto durante una cirugía. Éstas son: la necesidad de manipulación de diferentes instrumentos, las variantes anatómicas encontradas durante la cirugía, la gran variedad de patología y la presencia de sangrado.<sup>6</sup>

En el entrenamiento artroscópico se debería exponer al cirujano a la mayor cantidad de condiciones variables a las que se puede enfrentar durante la cirugía. Así, el estudiante se acostumbrará a la cantidad y veracidad de la información sensorial recibida y se podrá adaptar más fácilmente a una situación real. Además de mejorar la calidad de la respuesta de los estudiantes, la exposición a estas condiciones variables mantiene el interés durante el entrenamiento.<sup>6</sup>

Se cree que la principal diferencia entre cirujanos expertos y novatos en artroscopia recae en que los primeros tienen más experiencia en la ponderación sensorial de señales distractoras y no necesariamente mayor experiencia en la manipulación de instrumentos y tejidos.<sup>6,7</sup>

### **El Aprendizaje Estructurado y Paramétrico**

Cuando se aprende a controlar un nuevo instrumento, una de las principales dificultades es el desconocimiento de sus propiedades físicas. En el contacto inicial, el sujeto debe reconocerlo para poder crear un modelo interno que se ajuste a las características de ese instrumento en particular. Una vez que se ha aprendido una habilidad motora como mover el instrumento en una imagen con gran acercamiento, como en artroscopia, la generalización a situaciones similares ocurre rápidamente. Entonces, sólo es necesario hacer pequeños ajustes a algunos parámetros definidos de los modelos internos creados previamente por el sujeto.<sup>7</sup>

Un aspecto importante de este proceso de aprendizaje es identificar las aportaciones y emisiones sensoriales relevantes en una nueva situación y las transformaciones necesarias que debe hacer el sujeto para adaptar los parámetros de algún modelo interno preexistente para algún instrumento similar. De esta manera, podrá modificar ese modelo interno para el nuevo instrumento.<sup>7</sup>

Un aprendizaje estructurado se lleva a cabo con la exposición a una gran variedad de tareas que comparten una misma estructura general. La acumulación de experiencia en una o más tareas con una misma estructura, generalmente permite que un individuo aprenda más rápidamente una habilidad relacionada. Se ha intentado aplicar esta transferencia de aprendizaje al entrenamiento artroscópico utilizando simuladores. Sin embargo, hasta ahora, únicamente han permitido mejorar el desempeño en una actividad en específico, pero no en el procedimiento quirúrgico completo.<sup>7</sup>

Cuando un individuo se encuentra ante una situación nueva y desconocida, debe elegir entre diferentes modelos internos preexistentes y decidir cuál será el que mejor se ajuste a la nueva información sensorial que está recibiendo para lograr un adecuado desempeño. Se ha propuesto que las curvas de aprendizaje de los expertos son una representación de una gran optimización para elegir modelos internos en base al aporte sensorial que están recibiendo en una situación desconocida. Esto puede explicar que tengan un mejor desempeño inicial en los simuladores y tengan una curva de aprendizaje más rápida que los residentes.<sup>7</sup>

Por esto, se ha sugerido que el entrenamiento más efectivo para ampliar el repertorio de modelos internos disponibles para un sujeto se dará cuando el sujeto sea expuesto a condiciones ambientales diferentes y con una gran diversidad de instrumentos. Para lograr una simulación perfecta, el sujeto debería estar expuesto a una gran variedad de instrumentos, cambios durante el procedimiento y distractores externos.<sup>7</sup>

### **Particularidades de la Artroscopia y Prerrequisitos para el Entrenamiento**

Entonces, para poder realizar una cirugía, un cirujano no requiere únicamente un gran repertorio de habilidades motoras básicas. También requiere la capacidad de adaptarse a situaciones desconocidas, reaccionar ante ellas y ser capaz de integrar todos los estímulos sensoriales que recibe dentro y fuera del campo quirúrgico.

A pesar de esto, se ha reconocido la utilidad de aprender habilidades individuales durante el entrenamiento de la misma manera que en un deporte se practican habilidades individuales como botar un balón antes de permitir al jugador participar en un partido. Esto permitirá que el estudiante pase a través de las tres etapas de aprendizaje en los simuladores. De esta manera, podrá tomar el tiempo necesario para pasar de la etapa cognitiva a la asociativa en el simulador, creando y ajustando modelos internos. Una vez que logre contar con un adecuado repertorio, podrá pasar a la etapa autonómica. Idealmente, se encontrará en etapa autonómica de movimientos y manejo de instrumental al llegar al quirófano, donde podrá pasar por el proceso completo nuevamente para la cirugía completa.

Las diferencias principales conocidas entre cirugías tradicionales abiertas y las de artroscópicas son: la pérdida de binocularidad y percepción de profundidad al trabajar a través de un portal y ver imágenes en monitores en dos dimensiones, la pérdida de retroalimentación táctil al no manipular tejidos con las manos y requerir un instrumento intermedio para discriminar entre tejido sano y patológico, el efecto de fulcro de los portales que puede causar un conflicto en el cirujano al tener una fuente más de retroalimentación con resistencia de los tejidos a través de los instrumentos y la necesidad de triangulación.<sup>7,16</sup>

Antes de formar un plan global de aprendizaje, es importante definir las habilidades básicas necesarias para artroscopia. También se debe tomar en cuenta que cada individuo aprende de manera diferente y a diferente ritmo pero es posible estimar el número de repeticiones promedio necesarias para adquirir una habilidad específica.<sup>7</sup>

Se sabe que sin práctica se puede perder una habilidad adquirida recientemente. Se ha demostrado que una práctica y entrenamiento continuos mantienen una habilidad por un periodo de hasta tres años. Por esto hay que procurar que los programas de entrenamiento sean seguidos de sesiones de práctica para reforzar lo aprendido. Se ha demostrado que los sujetos que están aprendiendo nuevas habilidades, tienen mejor desempeño si reciben retroalimentación verbal en tiempo real que los que no la reciben.<sup>7</sup>

En un estudio publicado por Unalan y colaboradores en 2009, se evaluó un programa de entrenamiento artroscópico centrado en el estudiante que enfatizaba habilidades motoras utilizando instrumentos patentados para mejorar desempeño quirúrgico antes de realizar procedimientos reales. Participaron 64 individuos (residentes y ortopedistas recién egresados) en un año a lo largo de cinco cursos. Estos cursos duraban dos días, cada uno con sesiones de ocho horas y los participantes se dividían en grupos pequeños de 10 a 14 estudiantes guiados por 6 a 10 instructores. La manera de evaluar consistía en retroalimentación y calificación de los expertos y autoevaluaciones de los participantes. Se buscaba el desarrollo de habilidades motoras básicas, transferencia de habilidades,

motivación, asesoría, retroalimentación e inclusión de conocimiento esencial de artroscopia.<sup>6</sup>

El programa constaba de seis etapas:<sup>6</sup>

- La primera incluyó clases teóricas interactivas sobre tecnología artroscópica, patologías de rodilla básicas y sus causas.
- La segunda incluyó presentaciones en video con ejemplos básicos de artroscopia de rodilla acompañadas de explicación de los expertos y demostración de procedimientos.
- La tercera fue un taller de habilidades motoras básicas que tuvo una duración de dos horas. Se utilizaron instrumentos de *Lafayette instrument company* especiales para práctica. Estos instrumentos dan información sobre seguimiento estándar rotatorio, reacción de elección visual, coordinación mano-ojo, coordinación de dos brazos, seguimiento en espejo y anticipación. Se estableció una ruta circular en diferentes estaciones por las que pasan todos los participantes después de probar cada instrumento por lo menos diez veces.
- En la cuarta etapa se llevaron a cabo ejercicios en modelos de rodilla burdos utilizando únicamente un gancho palpador y una fuente de luz.
- La quinta etapa consistió en un laboratorio húmedo diseñado para imitar un procedimiento artroscópico real con rodillas bovinas. Se realizaron procedimientos artroscópicos básicos como artroscopia diagnóstica, sinovectomía, menissectomía, resección de cuerpos libres, escisión de colgajo, microfracturas y liberación de retináculo con irrigación. En esta etapa también había un taller de nudos y todo fue supervisado por un instructor.
- En la sexta etapa, se llevó a cabo una evaluación sumatoria por el instructor durante una artroscopia diagnóstica de rodilla similar al paso cinco.

Las cuatro habilidades que se evaluaron en la etapa final fueron:

1. Coordinación muscular y continuidad durante el procedimiento
2. Cuidado de materiales y conciencia de ello
3. Reconocimiento de error y ajuste

#### 4. Autoconfianza.

Los participantes fueron evaluados por un instructor con una lista predefinida, por un instructor que no había estado en contacto previo con ellos y con una autoevaluación de sus habilidades durante la artroscopia diagnóstica.<sup>6</sup>

Los autores encontraron que la actividad más beneficiosa fue la artroscopia diagnóstica, repetición de manipulación bajo supervisión del instructor con corrección, retroalimentación inmediata en tiempo real y práctica de nudos con modelos secos. El hallazgo más importante del estudio fue la gran mejoría en actividades básicas motoras artroscópicas que podían ser evaluadas objetiva y subjetivamente en participantes después de completar el curso.<sup>5</sup>

En las encuestas realizadas al final, los estudiantes manifestaron su deseo de practicar más, obtener retroalimentación y realizar los procedimientos bajo la supervisión de los instructores, detectando y corrigiendo así sus errores.<sup>6</sup> Los autores concluyen que si los encargados de enseñanza artroscópica desarrollan programas dirigidos a las necesidades de los residentes, el curso será efectivo y los residentes aprenderán. Sugieren un estudio con un grupo control para demostrar objetivamente la mejoría en los participantes del curso.<sup>6</sup>

Ya ese estableció cómo se adquieren las habilidades psicomotoras y el estudio de Unalan demuestra que la repetición de actividades bajo supervisión ayuda a la adquisición y mejoría de estas habilidades. Pero ¿qué se debe utilizar para desarrollar estas habilidades si la oportunidad de aprender en el quirófano es limitada?

#### **Generalidades Sobre la Simulación**

Se define simulación en medicina como cualquier tecnología o proceso que recrea un fondo contextual de manera que el aprendiz pueda experimentar errores y recibir retroalimentación en un ambiente seguro.<sup>8</sup>

El objetivo de la simulación es recrear experiencias de cuidados del paciente sin comprometer la seguridad. Las ventajas de la simulación se extienden mas allá de la adquisición de habilidades técnicas y de procedimientos. Permiten la interacción con un equipo multidisciplinario y enfocarse en trabajo en equipo, así como desarrollar habilidades cognitivas como solución de problemas y toma de decisiones.<sup>8</sup>

### **Tipos de Simuladores en Medicina**

Las innovaciones en tecnología de resucitación, simuladores de vuelo y mejoría en plásticos fueron esenciales para los avances de la simulación médica. En general, existen tres razones para el progreso lento de la simulación en medicina: escepticismo, falta de comunicación y necesidad de evidencia. A pesar de que varias formas de simulación fueron descritas casi cincuenta años antes, la aceptación y uso de pacientes estandarizados, realidad virtual y maniqués apenas ocurrió en la última década.<sup>8</sup>

David Gaba fue el pionero en simulación en medicina. Describió cinco categorías de simuladores en medicina: verbal, paciente estandarizado, entrenadores de actividad parcial, paciente computarizado y paciente electrónico<sup>9</sup>. En la **tabla 2** se describen las características de estas cinco categorías.

A diferencia de la medicina, ninguna otra industria en donde vidas humanas dependan del operador ha esperado a tener pruebas inequívocas de la utilidad de los simuladores antes de aceptarlos como método de entrenamiento.<sup>6</sup> Aunque el interés en la validación para simuladores ha aumentado, lo cual ha generado un número diez veces mayor en el número de publicaciones relacionadas con simuladores con respecto a los años noventas, hay quien dice que la validez siempre será elusiva en medicina y que tal vez, como médicos, debamos aceptar ciegamente los beneficios de los simuladores, tomando como referencia los resultados en la aviación.<sup>9</sup>

<b>Tabla 2<sup>9</sup></b>	
<b>Tipos de simuladores en medicina</b>	
<b>Tipo de simulador</b>	<b>Características</b>
Verbal	Juego de rol con diferentes personas
Paciente estandarizado	Actores que ayudan a educar y evaluar interrogación, exploración física, comunicación y profesionalismo
Entrenadores de tarea parcial	Modelos anatómicos de partes corporales (normales o representan enfermedades)
Paciente computarizado	Interactivos, basados en <i>software</i> o parte de realidad virtual en la red (mismas funciones que un paciente estandarizado a menor costo)
Paciente electrónico	Maniqués o basados en realidad virtual que replican de manera integral un escenario clínico

### **Historia de la Simulación en Medicina**

La simulación médica en sus formas más primitivas ha estado presente durante siglos, existieron modelos anatómicos y de enfermedades mucho antes de las computadoras y el plástico. Durante los 1900, la educación médica evolucionó de un simple modelo artesanal, donde había un maestro y un aprendiz, al estudio de principios científicos, donde se requería una evaluación objetiva y medible del dominio del conocimiento, habilidades y comportamiento.<sup>9</sup> Es curioso que en disciplinas como matemáticas y música siempre se ha reconocido que la práctica es un componente principal para aprendizaje y mantenimiento de habilidades, mientras que en medicina el concepto de práctica deliberada se ha adoptado hace poco. Uno de los pasos más importantes para la simulación médica fue la aparición de la simulación de paciente en el siglo XX.<sup>9</sup>

El primer simulador en el mundo existió en 1929, con la creación de una caja azul como simulador de vuelo por Edwin Link. Desde entonces, hubo avances importantes en simulación en aviación que fueron adoptados por el ejército y la NASA (Administración Nacional de Espacio y Aeronáutica por sus siglas en inglés) en Estados Unidos. Para la década de los 90s, cerca del 80% de los modelos de simulación estaban destinados para el ejército. Sin embargo, para mediados de los 90s, la industria de los videojuegos sobrepasó a la militar como la principal fuerza de desarrollo de gráficos de alta definición.<sup>9</sup>

La información sobre los simuladores inició cerca de 1988 en conferencias sobre seguridad del paciente, donde se mostraban modelos plásticos de simuladores que no estaban disponibles para la venta comercial. Existió una conferencia independiente llamada *La medicina se encuentra con la realidad virtual* que se llevó a cabo por primera vez en 1991. En 1993 se formó la Sociedad Europea para Simulación Aplicada a Medicina (SESAM por sus siglas en inglés). Esta sociedad realizaba reuniones bianuales y coordinó conferencias con la Sociedad para tecnología en anestesia en 1998. En 2001 se formó la asociación para educadores con pacientes estandarizados. La sociedad para simulación en cuidados de la salud se estableció en 2004, al mismo tiempo que se publicó el primer número de la revista científica del mismo nombre.<sup>9</sup>

En 1990, cuatro factores convergieron para promover el diseño de sistemas de entrenamiento avanzado: El proyecto Humano Visible (Visible Human Project en inglés), técnicas quirúrgicas de mínima invasión, sistemas háptico, que dan retroalimentación sensitiva al usuario, y la computadora. El proyecto humano visible utilizó imágenes anatómicas de cadáveres para desarrollar modelos en tercera dimensión que permitieran manipular estructuras anatómicas. Estas imágenes son ahora la base de la mayoría de los simuladores de realidad virtual. La cirugía mínimamente invasiva trajo consigo un nuevo catálogo de habilidades motoras complejas con una larga curva de aprendizaje. El primer simulador para este tipo de cirugías se desarrolló en 1993, tenía poco realismo, pero esto avanzó rápidamente de manera simultánea con los avances en computación. A partir de ahí se desarrollaron varios simuladores laparoscópicos que se enfocaban en la adquisición de diferentes habilidades para la cirugía, sin embargo, se encontró que la transferencia de habilidades era únicamente de 25%.<sup>9</sup> Rápidamente surgieron simuladores para diferentes especialidades quirúrgicas, como oftalmología, ortopedia, intervencionismo vascular y endoscopia. En este momento se introdujeron dos simuladores artroscópicos ortopédicos: el simulador de hombro Prosovia, que permitía navegación en línea con manipulación de instrumentos por medio de un cursor y un simulador de artroscopia de rodilla desarrollado por Boston Dynamics por solicitud de la Junta Americana de Ortopedia.<sup>9</sup>

En 1983, el primer modelo de resucitación cardiopulmonar (RCP) basado en software se desarrolló, fue validado, y se demostró una mayor retención de conocimiento de resucitación. Posteriormente, en la década de los noventa se conoció el primer modelo complejo de simulación basada en software, con la creación de *Sleeper*, un simulador basado en un modelo de fisiología y farmacología cardiovascular. Hubo muchos avances, logrando que los simuladores pudieran ser reproducidos en una computadora portátil y permitiendo que los usuarios practicara casi en cualquier lugar y con diferentes niveles de experiencia y habilidades.<sup>9</sup>

El primer maniquí humano primitivo, el SIM 1, de escala real, para simulación en anestesia, fue creado en la universidad del Sur de California en 1960. Este maniquí incluía ojos que parpadeaban, pupilas que dilataban o contraían, mandíbula que abría, movimientos respiratorios en tórax, frecuencia cardíaca, pulso carotideo y temporal sincronizados y asociados a presión arterial, respuesta a fármacos, así como manejo básico de la vía aérea. A partir de ese momento y hacia los años ochenta, aumentó rápidamente la disponibilidad y complejidad de estos simuladores, sin embargo, el costo elevado se volvió una limitación para su adquisición en muchos centros universitarios o médicos. En la década de los 2000s, se encontraron disponibles modelos de media fidelidad, como el simulador Harvey, a mucho menor costo que sus predecesores de alta fidelidad, lo que permitió que fueran utilizados incluso en pregrado.<sup>9</sup>

Los fundamentos de realidad virtual moderna iniciaron en la década de los cincuenta y sesenta. El primer producto conocido fue Sensorama, en 1961, construido por Morton Heilig. El aparato proyectaba imágenes, vibración, sonido, olor y viento para aportar cinco experiencias inmersivas diferentes. En 1961 se desarrolló el primer monitor para cabeza que recibía imágenes esteresocópicas. El concepto de *realidad virtual* se introdujo para describir estos ambientes inmersivos. La universidad de Michigan introdujo un simulador de *triage* y manejo de pacientes en un ambiente de realidad virtual, a lo que Richard Stava dijo: el mayor poder de la realidad virtual es la habilidad para intentar y fracasar sin consecuencias para animales o pacientes. Es únicamente a través de la falla, y aprendiendo la causa de la falla, que se encuentra el verdadero camino para el éxito. Actualmente se

encuentran disponibles una gran cantidad de productos médicos virtuales que permiten aprendizaje a través de experiencias visuales, auditivas, e incluso hápticas.<sup>9</sup>

### **Tipos de Simuladores en Ortopedia**

La cirugía ortopédica se presta para uso de simuladores debido a la consistencia anatómica del sistema musculoesquelético. El uso de simuladores en esta especialidad no es algo nuevo, la fundación Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen o AO por sus siglas, ha desarrollado métodos de entrenamiento con uso de huesos sintéticos por más de 50 años.<sup>8</sup>

Los avances en cirugía artroscópica la hacen más propensa para el desarrollo generar simuladores que permiten el desarrollo de habilidades específicas sin poner en peligro al paciente. Pero las ventajas de la simulación se extienden más allá de la adquisición de habilidades manuales y técnicas. La simulación puede involucrar al sujeto en entrenamiento con un equipo multidisciplinario y enfocarse así en problemas cognitivos como toma de decisiones, resolución de problemas y habilidades de comportamiento en equipo para optimizar la transformación del residente en cirujano. Estas habilidades pueden ser más importantes que la habilidad técnica del cirujano durante una cirugía.<sup>8</sup>

Existen diferentes tipos de simuladores disponibles, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Estos tipos son: cadáveres, modelos óseos sintéticos, simuladores artroscópicos con modelos húmedos, modelos de realidad virtual, y modelos tipo maniqués o modelos secos<sup>8</sup>. Ver **tabla 3**.

### **Simulación Cadavérica**

La simulación en cadáveres ha sido un método importante de entrenamiento debido a la exposición a anatomía real y de variaciones anatómicas. Actualmente es considerado el estándar de oro para entrenamiento y desarrollo de habilidades quirúrgicas artroscópicas. Permite que el sujeto en entrenamiento visualice los diferentes planos anatómicos, practique manejo de tejidos blandos, conozca la anatomía real y variaciones anatómicas.

Sin embargo, existen numerosas limitaciones para el entrenamiento en cadáveres. La preparación y el almacenamiento de los especímenes tiene un costo elevado, ocupa mucho tiempo y la disposición depende de donaciones. La evidencia científica actual sugiere que el entrenamiento en cadáveres es beneficioso para la reducción de errores antes de la cirugía en la vida real.<sup>8</sup>

### **Modelos Óseos Sintéticos**

El entrenamiento ortopédico en modelos óseos ha sido una constante a lo largo del siglo XX y XXI. Esto es posible debido a la consistencia de la anatomía ósea. Esta consistencia permite una fácil producción de réplicas con costo mínimo, en las que se pueden practicar habilidades básicas de fijación de fracturas sin riesgo para el paciente. No implican altos costos de almacenamiento y no requieren aprobación de comités éticos para su uso. Algunas de las desventajas de estos modelos incluyen la falta de arquitectura interna ósea y propiedades viscoelásticas del hueso, por lo que no proveen la misma sensación de un hueso real. Tampoco confieren simulación en manejo de tejidos blandos. En un estudio por Leong y colaboradores se demostró que los huesos sintéticos beneficiaban a los residentes jóvenes en entrenamiento, sin embargo, no tenían suficiente fidelidad para servir a los cirujanos más experimentados.<sup>8</sup>

Los modelos sintéticos permiten la práctica de procedimientos artroscópicos en modelos óseos y plásticos, utilizando equipo artroscópico real. Esto permite al estudiante familiarizarse con el equipo y realizar varios procedimientos como meniscectomía o reparación de manguito rotador, sin morbilidad para el paciente y sin aumentar el tiempo quirúrgico.<sup>8</sup>

### **Simulación Artroscópica**

La artroscopia es un procedimiento que se presta a simulación por presentar retos técnicos únicos como la interpretación propioceptiva y visual de una estructura en tres dimensiones representada en una imagen en dos dimensiones y el desarrollo de competencias en

triangulación como se mencionó anteriormente. Estas habilidades se adquieren a través de la manipulación directa de instrumentos y se basan en sustitutos realistas de pacientes reales.<sup>8</sup>

La simulación artroscópica se ha llevado a cabo tradicionalmente en modelos cadavéricos. Recientemente se han utilizado modelos plásticos y sistemas de realidad virtual, que permiten repetir el procedimiento en un ambiente en tercera dimensión. Ha habido preocupación en cuanto a la fidelidad de los modelos y su capacidad de transferencia de habilidades al quirófano. Recientemente ha habido avances en simulación virtual con la introducción de simulación háptica, donde existe una respuesta táctil hacia el operador al generar resistencia mecánica artificial intermitente, lo que mejora el realismo. Aún no se han realizado estudios que validen esta tecnología como superior a los otros tipos de simuladores.<sup>8</sup>

### **Tipos de Simuladores en Artroscopia**

- a) ***Maniqués***: son modelos creados en laboratorios que permiten simulación de procedimientos ortopédicos en modelos óseos y con tejidos blandos utilizando equipo artroscópico real. Permiten al usuario familiarizarse con el equipo y realizar múltiples procedimientos como: meniscectomía, desbridamientos y reparación de mango rotador. Se ha observado una buena transferibilidad de estos modelos al quirófano.
  - a. múltiples estudios se han realizado para intentar demostrar una correlación entre artroscopia de vida real y desempeño en un simulador.<sup>8</sup>
  
- b) ***Simuladores de realidad virtual***: los rápidos avances en tecnología de computación e imagen en las últimas décadas han abierto camino a nuevos métodos para simulación quirúrgica.
  - a. ***Aplicaciones en sistemas móviles***: La práctica de procedimientos ya es posible con uso de aplicaciones de software móviles, conocidas como “apps” o aplicaciones, que permiten a los usuarios simular diferentes etapas

de una cirugía o revisar información transquirúrgica importante. Hoy en día conforman una herramienta efectiva de entrenamiento.<sup>8</sup>

Una de las ventajas de estas aplicaciones es que no es necesario contar con equipo nuevo para cada simulación. Después de un posible costo inicial elevado, se vuelve un método barato de entrenamiento. Se pueden realizar múltiples intentos en un ambiente seguro y con retroalimentación inmediata. Aunque estas aplicaciones no permiten el desarrollo de habilidades físicas, permiten al usuario simular cognitivamente las etapas de cada procedimiento quirúrgico, creando conciencia sobre las posibles complicaciones del procedimiento.

Por ahora no existe evidencia para proponer el uso de las aplicaciones móviles para entrenamiento quirúrgico.<sup>8</sup>

En un estudio realizado por Blyth y colaboradores se demostró que un simulador digital era realista y ponía a prueba la manera de solucionar problemas del usuario. La fidelidad del simulador fue reforzada con su habilidad para diferenciar entre cirujanos con diferente nivel de experiencia.<sup>8</sup>

### **La Simulación Cognitiva**

Es el proceso mediante el cual los sujetos en entrenamiento evalúan y practican acciones dentro de su mente sin movimiento físico. Se cree que los estudiantes pueden mejorar sus habilidades transquirúrgicas con este método integrando la fase cognitiva del aprendizaje. Aún no hay evidencia que apoye o refute esta hipótesis. Lo único disponible muestra que se estimulan vías neurales similares a las de los movimientos físicos con movimientos musculares imaginarios. En caso de que se compruebe su utilidad, pueden ser buenas herramientas de bajo costo.<sup>8</sup>

<b>Tabla 3<sup>8</sup></b>		
<b>Tipos de simuladores para ortopedia</b>		
<b>Tipo de simulación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Simulación cadavérica</b>	Alta fidelidad	Caro No fácilmente accesible
	Desarrollo de habilidades transferibles  Permite entender anatomía clínica y abordajes quirúrgicos	Requiere instalaciones especiales para almacenamiento Tiempo para preparar Depende de donación Riesgo de transmisión de enfermedades Variantes anatómicas
<b>Simulación con hueso sintético</b>	Relativamente barata Portátiles Gran disponibilidad Conocer y familiarizarse con instrumental ortopédico	No tiene tejidos blandos  No retroalimentación háptica
<b>Simulación artroscópica</b>	Registro digital de progreso, análisis de movimiento Permite desarrollo de coordinación mano – ojo y triangulación Modelos modernos permiten retroalimentación háptica	Costos iniciales elevados  Realismo limitado
<b>Simulación de realidad virtual</b>	Registro digital de progreso, análisis de movimiento Se pueden aprender y practicar muchos procedimientos Permite simulación de escenarios clínicos	Costo elevado inicial
<b>Simulación cognitiva</b>	Potencialmente sin costo Accesible en aparatos móviles	Evidencia limitada para apoyar su uso en entrenamiento clínico / mejoría de habilidades

### **El Papel de los Videojuegos en el Aprendizaje Psicomotor**

Ya se habló sobre los simuladores médicos y los diferentes tipos de simulación que permiten, pero ¿qué papel tienen la tecnología casera y la simulación a través de los videojuegos disponible para el público general desde la década de los ochentas?

En las últimas décadas se ha dicho que la *generación Playstation* (sujetos que crecieron con consolas en sus casas y jugando videojuegos) tiene habilidades psicomotoras superiores a sus predecesores. Hasta ahora la investigación clínica no ha mostrado resultados consistentes en este ámbito. Griffith, Voloschin y Bailey encontraron que los jugadores de videojuegos tienen una mejor coordinación mano - ojo. Drew y Waters encontraron que existe una relación entre uso de video juegos, mejoría en coordinación ojo – mano, habilidad manual y tiempo de reacción. Sin embargo, estos estudios no han demostrado una asociación causal. Grantcharov demostró que los cirujanos con menos experiencia en cirugía mínima invasiva tenían menos errores en un simulador si tenían experiencia con videojuegos. Esto lleva a preguntar si jugar lleva a desarrollo de habilidades o los individuos que ya tienen estas habilidades son atraídos a los videojuegos.<sup>16,17,18</sup>

No existe un consenso en la literatura médica para definir a un *jugador de videojuegos* conocido como *gamer* en inglés. Tampoco existe consenso para este término de manera coloquial, ya que hay quienes utilizan el término *gamer* para describir a alguien que juega y tiene conocimiento de videojuegos. Sin embargo, dentro del ámbito de los video jugadores, se agregan otros adjetivos como *jugador explícito o jugador duro (hardcore gamer en inglés) jugador experto (expert gamer en inglés) o jugador profesional.*<sup>15</sup> Van Dongen definió experiencia en videojuegos como un promedio de 10 horas de juego por semana.<sup>18</sup> Otros la han definido como uso de tres o más horas por semana.<sup>17</sup> En una encuesta realizada por la asociación de software de entretenimiento (ESA por sus siglas en inglés) se encontró que la edad promedio de un jugador de videojuegos es de 30 años y entre el 43% y 50% de los jugadores son mujeres.<sup>16</sup>

El impacto de la tecnología digital en los jóvenes, especialmente los videojuegos e internet han levantado un debate apasionado en la sociedad actual. Hay quien dice que esta tecnología es una pérdida de tiempo y un peligro para la salud mental y física de los jóvenes. Por otro lado, hay quien ve estas herramientas como una solución para los problemas de los sistemas de educación actual.<sup>16</sup>

La percepción de aprendizaje como ejercicio mental en lugar de adquisición de conocimiento está siendo cada vez más popular fuera del ámbito de la educación. Las nuevas tecnologías están borrando los límites entre los aprendizajes formal e informal. Para aceptar nuevas tecnologías y nuevas maneras de aprender, primero hay que reconocer que el desarrollo de habilidades básicas no es exclusivo de la educación formal. Necesitamos identificar cómo incorporar las funcionalidades de estas nuevas tecnologías digitales para apoyar los objetivos de educación global.<sup>16</sup>

Anteriormente se habló del aprendizaje en general y las teorías neurofisiológicas para el aprendizaje. Recientemente se ha estudiado el aprendizaje electrónico (*e learning* en inglés), utilizando tecnología digital. Actualmente existen tres teorías de aprendizaje electrónico. La primera es conocida con la teoría de la codificación dual de Mayer y Moreno. En ella se cree que la cognición involucra dos subsistemas en el cerebro: un subsistema verbal que procesa el lenguaje y un subsistema no verbal que procesa información no lingüística. Aquí se asume que ambos sistemas pueden activarse de manera independiente pero se encuentran conectados. Esto permite una codificación muy eficiente de información pero es limitada por la capacidad de cada una de las vías. La segunda teoría es la teoría de carga cognitiva de Sweller. En ella, Sweller establece que la atención y memoria de trabajo de un individuo es limitada. Por lo tanto, el aprendizaje es un proceso activo. La tercera es conocida como la teoría del flujo. Se describe el *flujo* como un estado mental que ocurre cuando un individuo se encuentra inmerso completamente en una actividad. Esta experiencia involucra atención focalizada, claridad de objetivos, falta de autoconciencia y una sensación de control total sobre la actividad. Se cree que este estado motiva intrínsecamente a los individuos para repetir actividades, ya que buscan su propia satisfacción.<sup>16</sup>

El punto en común de estas teorías y las presentadas al principio es que el aprendizaje lleva a cambios fisiológicos en el cerebro. Para aprender se necesita atención y práctica, pero éstos requieren que el sujeto muestre interés y esto pasa cuando se involucra emocionalmente. Así, cuando un individuo ve una actividad como relevante y lograble por él mismo, se involucra en ella. Estos aspectos psicológicos, cognitivos y afectivos pueden

ser demostrados al jugar videojuegos, lo que los pone en el mapa como una herramienta potencial de aprendizaje. Sin embargo, para que sean consideradas así, deben mostrar transferibilidad a habilidades necesarias para el mundo real.<sup>16</sup>

Green y Bavelier han conducido una serie de cinco experimentos que proveen evidencia contundente de transferencia de entrenamiento de habilidades generales cognitivas aprendidas con los videojuegos. Mencionan que las habilidades específicas que se adquieren de manera implícita son difíciles de transferir pero cuando se ha adquirido aprendizaje explícito, éste puede ser transferido a otras situaciones. En sus experimentos, demostraron que los videojuegos de acción aumentan el número de objetos que pueden ser seguidos simultáneamente en un periodo de tiempo determinado. También demostraron que jugar videojuegos de acción potencializa aspectos de memoria visual.<sup>16</sup>

Está bien documentado que realizar actividades cognitivas complejas, como jugar videojuegos, se asocia con cambios en la química cerebral que resultan en un funcionamiento más eficiente de los cerebros de las personas que tienen un alto rendimiento y buen desempeño en estas actividades. En un estudio realizado por Haier con sujetos que jugaban Tetris se demostró que los sujetos con buen desempeño utilizaban menos neuronas para completar la actividad compleja, requiriendo menor cantidad de glucosa. Por otro lado, los que tenían mal desempeño, utilizaban más glucosa y activaban más neuronas, algunas de las cuales eran incluso perjudiciales para la actividad. Finalmente, demostraron que el metabolismo cerebral podría mejorar con la práctica en el juego.<sup>16</sup>

Aún queda la duda sobre la transferibilidad de habilidades aprendidas con los videojuegos a la vida real. Existen tres teorías de transferibilidad de habilidades. La primera es que se transfieren habilidades generales, la segunda que se transfieren habilidades específicas y la tercera que se transfieren habilidades específicas para un contexto específico. Hasta ahora no hay evidencia contundente para apoyar cualquiera de las tres teorías sobre las otras o para descartar la transferibilidad de habilidades aprendidas con los videojuegos a la vida real.<sup>16</sup>

La asociación de uso de videojuegos y habilidades psicomotoras han sido estudiados en medicina con simuladores de laparoscopia principalmente. Rosser encontró que sujetos que habían utilizado videojuegos tenían mejores habilidades quirúrgicas y para suturar en simulador laparoscópico. Encontró que los cirujanos que eran hábiles jugando cometían 47% menos errores que los que no tenían experiencia jugando.<sup>16</sup>

Van Dongen estudió médicos internos con una edad media de 24 años con y sin experiencia en videojuegos y niños de primero de secundaria. Encontraron que en los internos con experiencia en videojuegos hubo diferencia estadísticamente significativa en calificación total, mejor eficacia y velocidad para completar ejercicios que los internos sin experiencia en videojuegos. En los sujetos en edad escolar no hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto a calificación total, tiempo, eficiencia y velocidad entre los que tenían experiencia en videojuegos y los que no tenían. Tampoco hubo diferencia entre internos o sujetos en edad escolar en precisión.<sup>18</sup>

Lo interesante de este estudio fue que los médicos internos con experiencia en videojuegos tuvieron calificaciones significativamente mejores que los que no tenían experiencia y que los sujetos en edad escolar respecto a precisión, velocidad, eficiencia y calificación global. Por otra parte, los internos sin experiencia en videojuegos lograron calificaciones similares a los sujetos en edad escolar con experiencia en videojuegos pero mayores que aquellos sujetos en edad escolar sin experiencia en videojuegos, sin que la diferencia sea estadísticamente significativa. Con respecto a la diferencia generacional, los internos como grupo tuvieron mejores calificaciones, eficiencia, precisión y velocidad. También encontraron diferencia significativa en cuanto a experiencia en videojuegos y género, siendo más común en hombres (100% en sujetos de edad escolar y 90% en internos). Aún así, la diferencia entre las calificaciones entre hombres y mujeres no fueron estadísticamente significativas.<sup>18</sup>

La conclusión es que aunque los resultados del estudio no predijeron una ventaja para laparoscopia en niños con experiencia en videojuegos, respecto a habilidades psicomotoras, en la edad adulta parece haber una diferencia a favor de los jugadores.<sup>18</sup>

En otro estudio publicado por Shane y colaboradores en 2007<sup>19</sup> se estudiaron jugadores de videojuegos y no jugadores en un simulador de laparoscopia bajo la hipótesis de que la experiencia previa en videojuegos disminuiría el tiempo requerido por residentes quirúrgicos para alcanzar competencia en un simulador laparoscópico. Se definió a los *jugadores de videojuegos* como individuos que en algún punto de su vida jugaron videojuegos tres horas a la semana de manera regular. Los *no jugadores* fueron definidos como individuos con poca o nula experiencia en videojuegos.<sup>19</sup>

Encontraron que los novatos con experiencia en videojuegos alcanzaban competencia más rápido en un simulador quirúrgico que los que no tenían experiencia en videojuegos. También encontraron que las mujeres tomaban más tiempo que los hombres en volverse competente excepto en el grupo de mujeres que jugaban videojuegos. Concluyeron que existe un elemento de transferencia entre jugar videojuegos y cirugía laparoscópica simulada que puede ayudar a nivelar diferencias en género para la adquisición de habilidades quirúrgicas.<sup>19</sup>

Paschold y colaboradores publicaron un estudio en enero de 2010 donde estudiaron a 279 estudiantes de medicina sin experiencia en simulador de realidad virtual durante un semestre para identificar las características personales que podrían predecir la adquisición de habilidades quirúrgicas y competencia en usuarios del simulador por primera vez. En estudios anteriores, este grupo ya había demostrado aptitud personal para la adquisición de destrezas específicas para este tipo de procedimientos.<sup>17</sup>

Estudiaron trece variables relacionadas con características educacionales y personales: edad, mano dominante, experiencia con videojuegos, intereses generales en cirugía o aspiraciones a una carrera quirúrgica, estimación de habilidades motoras y habilidad para asistir en cirugía laparoscópica. Encontraron que la edad, el periodo de entrenamiento, la

dominancia, la habilidad para tocar instrumentos musicales y asistir una cirugía laparoscópica antes del entrenamiento no tuvieron ninguna influencia sobre el desenlace en el simulador. En el resultado global, los estudiantes con experiencia en videojuegos, que tenían una consola en casa y que la utilizaban habitualmente, así como los que se sentían más cómodos asistiendo una cirugía laparoscópica después del entrenamiento tuvieron mejores calificaciones. Para la aplicación de grapas en vasos el interés en cirugía y la intención de realizar una especialidad quirúrgica se relacionaron con una mejor calificación. Los estudiantes que estimaban tener mejores habilidades motoras finas tendieron a presentar mejores resultados. La única variable que fue predictiva para mejores resultados en la cirugía laparoscópica y la aplicación de grapas fue el uso de videojuegos.<sup>15</sup> Los autores sugieren utilizar algunas de estas variables para diseñar un programa de entrenamiento personalizado para estudiantes, poniendo atención en las diferentes fortalezas y necesidades dependiendo de sus características demográficas.<sup>17</sup>

Todo parece indicar que sí existe adquisición y desarrollo de habilidades psicomotoras con el uso de videojuegos y que estas habilidades podrían ser transferidas a la vida real. También se está buscando crear juegos específicamente diseñados para el aprendizaje de una o varias habilidades concretas. A estos juegos se les conoce como juegos serios.

### **Los Juegos Serios para el Cuidado de la Salud Electrónica**

Hoy en día, este concepto de juegos serios se está volviendo cada vez más popular. Los juegos serios constituyen un tipo de tecnología emergente en crecimiento para entrenamiento especializado que explota los juegos en tercera dimensión (3D) y máquinas que permiten una mejor y más realista experiencia para los usuarios.<sup>20</sup> En principio, los juegos serios son opuestos a los juegos para entretenimiento. Heredan características los segundos, pero el enfoque principal es aprendizaje o entrenamiento que se pueda aplicar a un ambiente específico en la vida real. Este tipo de juegos se están utilizando en muchas áreas de conocimiento como: defensa, fabricación, educación y medicina entre otros.<sup>20</sup>

En su capítulo sobre juegos serios para cuidado de salud electrónica, Wattanasoontor propone la caracterización de juegos serios utilizando las siguientes reglas: reglas y jugabilidad, retos, interacción, modos y objetivos. Ver figura 4.<sup>20</sup>

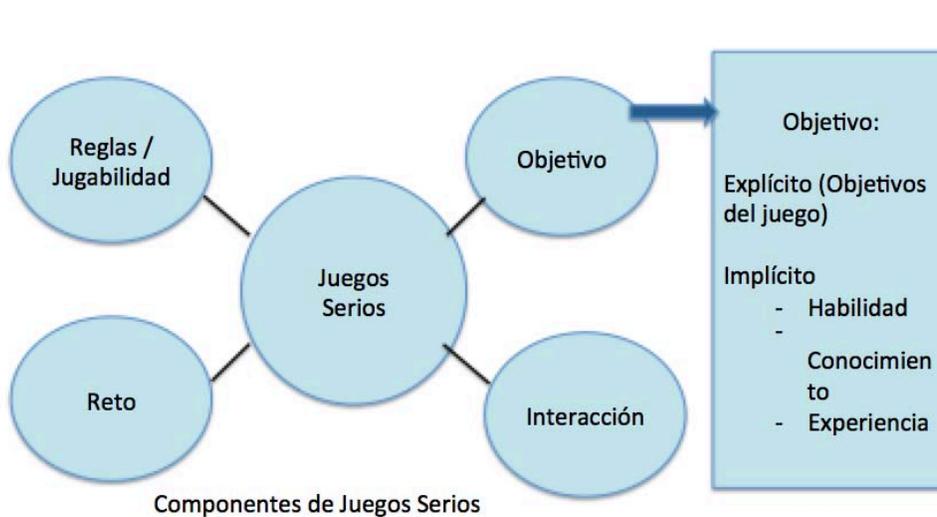


Figura 4 Componentes de los Juegos Serios

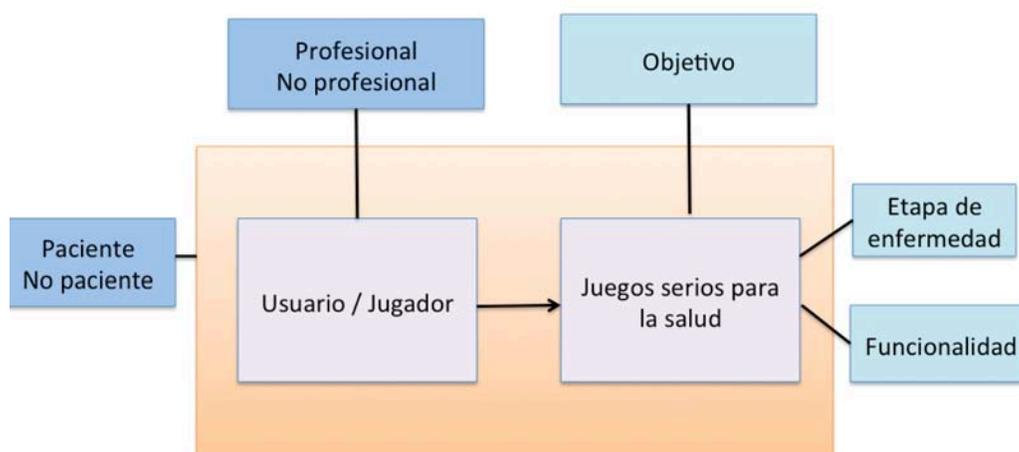
La **jugabilidad** es el patrón definido a través de las reglas del juego que conecta al juego con el jugador.<sup>20</sup>

Los **objetivos** pueden ser explícitos, establecidos como los objetivos del juego, o implícitos. Un objetivo implícito puede incluir aumento de habilidades y destrezas, adquisición de conocimiento o de experiencia.<sup>20</sup>

Recientemente se ha hecho énfasis en la necesidad de personal de salud altamente entrenado y educado para evitar o disminuir errores médicos. El uso de juegos serios en este campo puede proveer un medio adicional para aumentar interés en entrenamiento, educación y evaluación de desempeño. Se pueden categorizar juegos que enseñan sobre diferentes patologías y sus fases a médicos en entrenamiento o pacientes, pero también los juegos que involucran hábitos saludables como ejercicio.<sup>20</sup>

Los juegos serios en salud se pueden dividir en tres de acuerdo a sus objetivos principales. El primer grupo es entretenimiento. Algunos juegos como los simuladores de baile disponibles para consolas caseras entran en este grupo. En estos juegos, al requerir mover el cuerpo, se obtiene el bienestar del usuario simultáneamente. El segundo grupo es salud. El juego se utiliza como herramienta para transmitir conocimiento y / o habilidades. El tercer grupo es el uso en salud y medicina como simulador.<sup>20</sup>

El jugador de los juegos serios se puede clasificar en dos: pacientes y no pacientes. Los juegos para pacientes tienen objetivos relacionados a las etapas de enfermedades: monitorización de salud, detección, tratamiento, rehabilitación y educación para cuidado auto dirigido. Los juegos para no pacientes son de dos tipos en general. El primero es salud y bienestar. Éstos se enfocan en los estilos de vida de la gente y su relación con un estado de salud funcional (monitores de ejercicio, sueño, peso, uso de alcohol y tabaquismo). El segundo es entrenamiento y simulación tanto para profesionales y para no profesionales. Ver **figura 5**<sup>20</sup>



Clasificación de juegos serios para la salud

**Figura 5 Clasificación de los juegos serios para la salud**

Los juegos serios en salud también se pueden clasificar dependiendo de la etapa de la enfermedad que aborden. Estas etapas son: estado de susceptibilidad, etapa pre sintomática,

estado de enfermedad clínica y estado de discapacidad y rehabilitación. En la **tabla 4** se observan estas etapas y los objetivos de los juegos para cada una de ellas.<sup>20</sup>

**Tabla 4<sup>20</sup>**

<b>Etapas de la enfermedad y objetivos de los Juegos serios</b>	
<b>Etapas de enfermedad</b>	<b>Objetivo del Juego Serio</b>
Estado de susceptibilidad	Monitorización
Etapa pre sintomática	Detección
Etapa de enfermedad clínica	Tratamiento y terapia
Etapa de discapacidad y rehabilitación	Seguimiento

Los juegos serios también se pueden clasificar por funcionalidad y las características propias de cada uno. Estas características incluyen: el área de aplicación, la tecnología de interacción del juego, la interfase del juego, el número de jugadores, el género del juego, la adaptabilidad del juego, presencia o ausencia de retroalimentación de desempeño en el juego, capacidad de monitoreo del progreso del jugador, la portabilidad del juego, la plataforma de juego, el o los objetivos de salud y la conectividad.<sup>20</sup>

Wattanasontorn revisó cerca de 40 juegos serios para la salud y llegó a la conclusión de que los objetivos de los juegos son variados pero se encuentra énfasis en el uso por profesionales de la salud y en rehabilitación. Las áreas de aplicación mejor representadas son habilidades motoras y cognitivas. La mayoría de los juegos cuentan con monitorización del progreso, retroalimentación de desempeño y portabilidad. La mayoría de los juegos han sido diseñados para jugarse en computadora y requieren conexión a internet. Los géneros que predominan son simulación y acción. Las interfaces varían entre 2D y 3D y la tecnología de interacción varía, aunque la mayoría utiliza el ratón de la computadora para interactuar. Sugiere que para juegos futuros se pueden explotar los dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas.<sup>20</sup>

Ya se habló del proceso de aprendizaje, la historia de la simulación, el crecimiento de la simulación como método de aprendizaje y entrenamiento, los diferentes modelos de simuladores y la importancia de los videojuegos en el desarrollo de habilidades psicomotoras. Pero ¿cómo se puede aplicar esto a la enseñanza de habilidades quirúrgicas en artroscopia?

## La Cirugía Artroscópica en la Actualidad

El entrenamiento tradicional en cirugía ortopédica y artroscopia está basado en aprendizaje uno a uno en el quirófano, con un residente que aprende de un cirujano experimentado. Se ha observado que este proceso es poco eficiente, que está asociado a lesiones iatrogénicas, a altos costos y a una menor posibilidad de practicar en comparación a cirugías tradicionales abiertas.<sup>5,6,8</sup> Se ha reconocido que los residentes actualmente tienen menos oportunidades de aprender y practicar en quirófano que sus predecesores en décadas pasadas. Las restricciones en las horas de trabajo impuestas en Estados Unidos y en Europa por la Directiva de Tiempo de Trabajo Europea (EWTD por sus siglas en inglés), la gran variedad de nuevas técnicas e indicaciones quirúrgicas, los altos costos de tiempo extra en el quirófano y la alta tasa de demandas médico legales hacen menos propensos a los cirujanos a permitir que el residente practique en quirófano.<sup>6,9,11,12</sup>

Hasta el día de hoy no existe un consenso acerca del número de horas o cirugías necesarias para estar acreditado como artroscopista. Tampoco existe un consenso en la manera de evaluar las habilidades artroscópicas de objetivamente al término de un programa de residencia ortopédica.<sup>5</sup> La Asociación de Artroscopia de Norte América (AANA por sus siglas en inglés) no especifica qué constituye competencia en artroscopia, aunque es aceptado que completar un programa de residencia no garantiza aptitud esta disciplina.<sup>13</sup>

Algunas maneras de definir la habilidad quirúrgica artroscópica que se han planteado y utilizado por el momento son: auto reportes de estimación del número total de procedimientos artroscópicos realizados sin especificar región anatómica y generalizaciones de términos como *novato* y *experto* que se utilizan de manera laxa para definir experiencia clínica. Ambas formas son subjetivas y no pueden evaluar la experiencia clínica de manera objetiva y reproducible.<sup>12</sup> Es por esto que se está haciendo énfasis en entrenamiento de postgrado en adquisición de habilidades motoras específicas y el logro de competencias técnicas específicas. Actualmente se considera artroscopista a quien realiza más de 50 artroscopias al año sin importar la región anatómica.<sup>5,6</sup>

En un estudio realizado por Leonard, M. y colaboradores en mayo de 2006<sup>13</sup>, se realizó una encuesta durante el séptimo congreso Europeo de Trauma en Eslovenia a residentes de ortopedia que realizaran artroscopia por lo menos durante 12 meses en dos años y a cirujanos ortopedistas que realizaran artroscopia de rodilla de manera regular, (50 ó más artroscopias en un año) de acuerdo a las guías actuales de la AANA. Se preguntó el número de cirugías que requería ser competente, definiendo competente como capaz de realizar una artroscopia sin supervisión para realizar procedimientos artroscópicos como: artroscopia diagnóstica de rodilla, meniscectomía parcial medial, meniscectomía parcial lateral y reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Hubo concordancia en que la mayor cantidad de cirugías necesarias para ser competente eran para realizar una reconstrucción de ligamento cruzado anterior, después meniscectomía medial y lateral y finalmente artroscopia diagnóstica. Hubo mayor discrepancia en el número de cirugías percibido como necesario entre ortopedistas que no realizaban artroscopia de manera habitual, sin embargo, no encontraron consenso respecto al número de cirugías necesarias para ser competente.<sup>13</sup>

### **Cambios en la Enseñanza de Habilidades Quirúrgicas en Ortopedia y Cirugía Artroscópica**

El Consejo Americano de Cirugía Ortopédica (ABOS por sus siglas en inglés) y el Comité de Revisión de Residencia de Cirugía Ortopédica (RRC por sus siglas en inglés) del Consejo de Acreditación para educación médica de postgrado aprobaron en 2013 mandatos para implementar programas formales de simulación quirúrgica en todos los programas de residencia. Esto incluye la implementación de restricciones laborales, requisitos mínimos en las bitácoras de registro quirúrgico, metas angulares y simulación quirúrgica obligatoria.<sup>13,21, 23,24.</sup> Estos cambios en el currículo se han enfocado principalmente en residentes de primer año. Las principales modificaciones consistieron en introducir actividades motoras básicas utilizadas comúnmente en el manejo inicial de pacientes ortopédicos en el servicio de urgencias y en el quirófano.<sup>21</sup> Es por esto que se ha impulsado la investigación con simuladores y el intento de desarrollo de sistemas de evaluación para cuantificar objetivamente el desempeño y mejoría de los residentes.

Actualmente se busca crear programas estandarizados de entrenamiento en artroscopia con simuladores. Actualmente, aproximadamente el 25% de los programas de residencia no tienen un área dedicada al entrenamiento de habilidades quirúrgicas y el 87% de los directores de programa de residencias mencionaron la falta de recursos económicos como la principal barrera para esto en Estados Unidos.<sup>23</sup> La Fuerza de Habilidades Quirúrgicas (SSTF por sus siglas en inglés) desarrolló un currículo de diecisiete módulos de simulación para residentes de primer año que incluye desarrollo de habilidades no quirúrgicas como inmovilización con yesos y férulas, aplicación de sistemas de tracción y habilidades quirúrgicas como manejo de tejidos blandos, suturas, manejo de tejido óseo, artroscopia, fluoroscopia y uso de equipo ortopédico básico. Este programa fue revisado por la división de educación quirúrgica básica del Colegio Americano de Cirujanos y se está implementando en algunos hospitales en Estados Unidos.<sup>21,25</sup>

La AANA ha ofrecido cursos de artroscopia en los últimos 25 años. Estos cursos han sido validados y estandarizados e incluyen enseñanza tradicional con clases, una tasa de dos estudiantes por un cirujano experimentado durante talleres en cadáveres para fomentar aprendizaje personalizado y una guía paso a paso desde procedimientos básicos hasta avanzados.<sup>21,26</sup>

Martin y colaboradores publicaron un estudio en marzo de 2016 en el que evaluaron prospectivamente a residentes antes y después de su participación en un curso de artroscopia para residentes de la AANA. El objetivo del estudio era evaluar la relación entre el tiempo para completar una artroscopia de hombro en simulador después de haber participado en el curso de artroscopia. Residentes de Estados Unidos y Canadá fueron evaluados en el ARTHRO Mentor<sup>TM</sup> con modelo de hombro antes y después del curso de la AANA entre Octubre de 2013 y Junio de 2014. El curso de la AANA está diseñado para mejorar habilidades motoras y hace énfasis en técnicas básicas de artroscopia de rodilla y hombro en modelos cadavéricos. El entrenamiento consiste en clases, uso de modelos secos y un laboratorio de cadáver con modelos húmedos. Se utilizan siempre equipos modernos de artroscopia y la tasa de residentes a instructores es de dos a uno.<sup>26</sup>

El curso es avalado por el consejo de acreditación de educación médica continua. El primer día los residentes trabajan en el simulador de caja con el programa FAST. De esta manera aprenden triangulación y manipulación del equipo. El segundo y tercer día se enfocan en artroscopia de rodilla y hombro. El último día completan reconstrucción compleja de hombro y disección anatómica abierta.<sup>26</sup>

Después de los cuatro días, los residentes mostraron mejoría estadísticamente significativa en las variables medidas por el simulador en el ejercicio de artroscopia diagnóstica de hombro. Al finalizar el curso, la distancia viajada por el gancho disminuyó 42%, la distancia viajada por la cámara disminuyó 59% y el tiempo para completar el ejercicio disminuyó 38%. La variabilidad entre participantes también disminuyó. Los autores sugieren que los resultados validan el curso de artroscopia en cadáveres de la AANA. Reportan que no está muy claro por el momento qué aspectos del curso son los responsables por la mayoría de la mejoría de los participantes. También mencionan la posibilidad de un efecto de techo, en el que los residentes más avanzados jerárquicamente tendrán menor mejoría que los principiantes. Concluyen que los talleres estandarizados de cuatro días de la AANA mejoran la habilidad y destreza artroscópica de residentes.<sup>26</sup>

A pesar de que se ha reconocido a los simuladores como herramienta pedagógica y existen estos cursos de la AANA o el currículo de la SSTF, recientemente se han encontrado inconsistencias en el uso de los simuladores. Se cree que esto puede ser debido a la falta de una estructura formal para la enseñanza y evaluación con este método.<sup>11</sup>

Otro programa que se desarrolló es el Proyecto Copérnico de la AANA que se enfoca en desarrollar las habilidades psicomotoras y cognitivas requeridas para la estabilización del hombro con lesiones de Bankart.<sup>25,27</sup>

A pesar de la creación de estos programas, aún existen problemas en la consistencia del uso y evaluación de simuladores en artroscopia. El consejo de investigación médica (MRC por sus siglas en inglés) establece la importancia de un abordaje sistemático y escolar para el desarrollo de las intervenciones educativas complejas y para comprobar su utilidad es

necesario llevar a cabo por lo menos una prueba experimental de la intervención en un modelo de estudio aleatorizado controlado.<sup>11,22</sup> Como la simulación se puede considerar una intervención educativa compleja, se ha reconocido que utilizar un marco educativo establecido para el desarrollo y evaluación de intervenciones complejas podría ser beneficioso para la comunidad investigadora en materia de simuladores artroscópicos.<sup>11</sup>

Uno de los aspectos importantes que hay que considerar al desarrollar un simulador es que el simulador debe ser un modelo progresivo. Podría iniciar con ejercicios de baja fidelidad y progresar a ejercicios de mayor fidelidad que involucren comunicación con paciente o especímenes más contextualizados. El desarrollo de simuladores incluye asesoría de la factibilidad del programa y como establece el MRC, debe de contar por lo menos con un estudio piloto del programa.<sup>9</sup> También es necesario definir qué habilidades debe enseñar o pulir el simulador, cómo se va a medir la progresión en habilidad quirúrgica y si esas habilidades aprendidas pueden trasladarse al quirófano.

### **Escalas de Evaluación de Habilidades Quirúrgicas en Ortopedia y Cirugía Artroscópica**

En diferentes especialidades quirúrgicas cada vez más se está reconociendo la necesidad de contar con escalas de evaluación objetiva de habilidad quirúrgica para determinar el nivel de competencia de los nuevos cirujanos. Se han desarrollado diferentes sistemas para evaluación de habilidades quirúrgicas. El primer intento se hizo creando listas específicas en las que se evalúan las tareas individuales que se deben llevar a cabo en un procedimiento quirúrgico determinado, como una artroscopia de rodilla. Éstas no han resultado tan relevantes como métodos de evaluación ya que únicamente sirven para ese procedimiento. Por otro lado, se han desarrollado escalas de evaluación global como herramientas genéricas para evaluar el desempeño de un sujeto en un procedimiento quirúrgico. Estas escalas toman en cuenta diferentes dominios del procedimiento quirúrgico. Se han vuelto herramientas de evaluación atractiva ya que no requieren equipo adicional, pueden ser utilizadas en el quirófano, se pueden aplicar a diferentes tareas y permiten libertad a los evaluadores en los momentos de evaluación.<sup>28</sup> Las escalas de evaluación global se han

estudiado en diferentes campos quirúrgicos. Una de las primeras en desarrollarse y explorarse fue la escala de evaluación objetiva estructurada de habilidades quirúrgicas conocida como OSATS por sus siglas en inglés.

La escala de OSATS fue desarrollada por la Universidad de Toronto en los años noventas. Esta escala se basa en la examinación de procedimientos quirúrgicos en ocho estaciones de quince minutos con simuladores tipo maniqués y consiste en dos componentes: el primero es una lista específica de operación y la otra es una escala global. Ambos componentes se han correlacionado con el nivel de habilidad quirúrgica de sujetos evaluados. La escala de evaluación global consiste en siete elementos con un puntaje de cero a cinco y puede ser aplicada a cualquier procedimiento.<sup>22</sup> **Ver tabla 5** En un estudio realizado por Niitsu en Japón en 2007, se evaluó a los residentes de tercer, cuarto y quinto año de cirugía general durante tres años utilizando únicamente el componente de la escala de evaluación global de OSATS. Demostraron una relación positiva entre el grado académico y los resultados en la escala de evaluación global.<sup>22</sup>

**Tabla 5<sup>22</sup>**

**Escala de Evaluación global de Desempeño Quirúrgico (OSATS)**

Favor de circular el número correspondiente al desempeño del candidato en cada categoría sin importar el nivel de entrenamiento

<b>Respeto por los tejidos</b>				
1	2	3	4	5
Uso de fuerza frecuente e innecesaria sobre los tejidos o causa daño con uso inadecuado de instrumentos		Manejo cuidadoso de los tejidos pero causa daño ocasionalmente		Manejo adecuado de tejidos de manera consistente con daño mínimo
<b>Tiempo y movimiento</b>				
1	2	3	4	5
Muchos movimientos innecesarios		Eficiente en tiempo / movimientos pero algunos movimientos innecesarios		Economía clara de movimiento y máxima eficiencia
<b>Manipulación de instrumentos</b>				
1	2	3	4	5
Realiza movimientos torpes o tentativos de manera repetitiva con instrumentos por utilizarlos de manera inadecuada		uso de instrumentos competente pero ocasionalmente torpe o rígido		Movimiento fluido con instrumentos. Sin torpeza
<b>Conocimiento de instrumentos</b>				
1	2	3	4	5
Solicitó instrumento erróneo frecuentemente o utilizó instrumento equivocado		Conoce nombres de la mayoría de los instrumentos y utilizó el instrumento adecuado		Evidentemente familiarizado con los instrumentos y sus nombres
<b>Flujo de cirugía</b>				
1	2	3	4	5
Frecuentemente suspendió cirugía y parecía inseguro sobre siguiente paso		Demostró planeación anterógrada con progresión razonable del procedimiento		Obviamente planificó el curso de la cirugía transición sin dificultad de n movimiento al siguiente
<b>Uso de ayudantes</b>				
1	2	3	4	5
Consistentemente posicionó mal a los ayudantes o no utilizó a los ayudantes		Adecuado uso de ayudantes la mayoría de las veces		Uso estratégico de ayudantes para su adecuada ventaja la mayoría del tiempo
<b>Conocimiento de procedimiento específico</b>				
1	2	3	4	5
Conocimiento deficiente. Requirió instrucción específica en la mayoría de los pasos.		Conoce todos los pasos importantes de la cirugía		Se demostró familiarizado con todos los aspectos de la cirugía

El puntaje máximo es de 35 puntos si se evalúa al sujeto como primer cirujano y de 30 puntos si se evalúa como primer ayudante (no se califica "uso de ayudantes")

Hiemstra y colaboradores siguieron a nueve residentes de ginecología y obstetricia durante su rotación de tres meses en ginecología y aplicaron la escala de OSATS a cada procedimiento que realizaron. Encontraron mejoría proporcional de los residentes a lo largo de la rotación, también encontraron que la calificación en OSATS mejoraba 1.10 puntos después de cada procedimiento consecutivo realizado y que después de ocho procedimientos consecutivos se alcanzaba un efecto de meseta. Concluyen que OSATS puede utilizarse para evaluar la mejoría de los residentes pero también para identificar residentes que requieran más apoyo en el campo quirúrgico. La escala se puede utilizar con pasos específicos del procedimiento o para toda la cirugía. Cuestionan un poco la objetividad de la escala y por eso piden cuidado al utilizarla como método de certificación.<sup>29</sup>

De acuerdo con las guías del MRC y siguiendo la necesidad de contar con instrumentos objetivos y validados para la evaluación de habilidades artroscópicas, se han diseñado algunas escalas globales para artroscopia. Estas escalas han demostrado tener la habilidad de evaluar habilidad quirúrgica y las curvas de aprendizaje de los residentes. En general, estas escalas han sido desarrolladas en laboratorios de habilidades quirúrgicas y buscan ser genéricas respecto al tipo de simulador y la articulación simulada.<sup>28</sup> Insel y colaboradores utilizaron una escala global y específica para su sistema básico de habilidades para artroscopia de rodilla (BAKSS por sus siglas en inglés). Esta escala fue diseñada para evaluar desempeño de cirujanos en una meniscectomía parcial en rodillas cadavéricas. Hoyle y colaboradores crearon la escala global para artroscopia de hombro (GRSSA por sus siglas en inglés) para evaluar artroscopias de hombro en cirugías reales. Esta escala demostró tener buena validez interna pero pobre confiabilidad interobservador. Estas dos escalas son muy específicas para los procedimientos para los que fueron diseñados y no pueden ser generalizadas.<sup>30</sup>

La herramienta de evaluación de habilidades en cirugía artroscópica (ASSET por sus siglas en inglés) es una escala global que fue creada en 2011 y publicada en 2013 por Koehler para evaluar habilidades quirúrgicas artroscópicas generales en quirófano o en ambientes simulados. El objetivo era crear una escala similar al OSATS pero diseñada

específicamente para artroscopia. ASSET está diseñada para evaluar un video de la artroscopia grabada durante el procedimiento. Esta escala incluye ocho dominios para evaluar con un dominio extra para complejidad adicional. El puntaje total posible de los ocho dominios sumados es 38. Ver **tabla 6**. Los desarrolladores decidieron que para considerar a un individuo como competente en un procedimiento quirúrgico, deberían obtener un mínimo de tres puntos en cada uno de los ocho dominios. Este grupo también creó una lista para artroscopia de rodilla que incluye los pasos mínimos que debe de incluir la artroscopia para poder ser evaluada con la escala de ASSET. Realizaron estudios de validación y confiabilidad y encontraron que las calificaciones aumentaban con el nivel de entrenamiento de residentes. No encontraron diferencias significativas en las calificaciones otorgadas al mismo sujeto por diferentes evaluadores o en la evaluación de un segundo procedimiento.<sup>30</sup>

Los autores refieren que la escala es un método válido, confiable y útil para evaluar el desempeño de un cirujano durante artroscopia de rodilla en especímenes cadavéricos. Aún está pendiente la validación en otras articulaciones, pero fue diseñada para ser una escala global para artroscopia de cualquier articulación. Esta escala evalúa únicamente la porción intra articular y no toma en cuenta otros aspectos del procedimiento quirúrgico como dominio de la técnica quirúrgica, colocación de portales o toma de injertos. Aún se están llevando a cabo estudios para evaluar la posibilidad de utilizarla en laboratorios de habilidades quirúrgicas, con otros tipos de simuladores o en el quirófano con cirugías reales.<sup>30</sup> En 2015 publicaron un nuevo estudio en donde demuestran que utilizar la escala de ASSET en quirófano es válido, confiable y posible. Esto hace a la escala de ASSET la primera en ser validada para uso en quirófano.<sup>31</sup>

En 2014, Bayona y colaboradores publicaron la escala imperial global de calificación artroscópica (IGARS por sus siglas en inglés) como herramienta de evaluación de artroscopia real y simulada. A diferencia del grupo que creó ASSET, ellos consideraron que es importante evaluar tanto la parte intra articular como la extra articular de la cirugía para observar los movimientos del cirujano. Esta escala consiste en 9 dominios: posicionamiento de los portales y ángulos de inserción de instrumentos, respeto por los tejidos, competencia

en la manipulación de instrumentos, percepción de profundidad, triangulación, eficiencia y tiempo, conocimiento de anatomía y conocimiento del procedimiento. Cada dominio tiene un puntaje posible del 1 al 5 con los puntos extremos y medio definidos explícitamente. Al final se otorga una calificación global. Demostraron una adecuada relación interobservador y buena capacidad para discriminar entre niveles de habilidad quirúrgica permitiendo evaluar los movimientos del cirujano pero manteniendo la anonimidad.<sup>32</sup>

Middleton y colaboradores publicaron un estudio en enero de 2016 en donde compararon tres diferentes escalas de evaluación artroscópica para comparar su validez y confiabilidad y así determinar cuál era superior. Las escalas que compararon fueron ASSET, BAKSS e IGARS en artroscopia de rodilla y de hombro en simuladores de realidad virtual. Refieren que modificaron ligeramente las escalas para ajustarse a los procedimientos que estaban evaluando. Aún así, encontraron diferencias significativas entre novatos, residentes con nivel intermedio y expertos en las tres escalas. Refieren que las tres tienen muchos dominios similares y mencionan en la discusión que no vale la pena desarrollar nuevas escalas de evaluación global a menos que se cree algún nuevo dominio más específico. Concluyen que las tres escalas son herramientas equivalentes para evaluación de desempeño quirúrgico en simuladores de artroscopia de realidad virtual. Ver **tabla 7**<sup>28</sup>

**Tabla 6**  
**Escala de Evaluación Global ASSET**  
**Traducida de Koehler<sup>30</sup>**

<b>Seguridad</b>	1 – Novato Sobre tentativo o torpe con los instrumentos, no puede dirigirlos consistentemente a sus objetivos	2	3 - Competente Cuidadoso, uso controlado de los instrumentos, ocasionalmente no le atina a sus objetivos	4	5 - Experto Seguro de sí mismo, uso preciso de todos los instrumentos
<b>Campo de Visión</b>	1 – Novato Campo de visión angosto, posición no adecuada de artroscopio o fuente de luz	2	3 - Competente Campo de visión moderado, adecuada posición de artroscopio y fuente de luz	4	5 - Experto Campo de visión extenso, posición óptima de artroscopio y fuente de luz
<b>Destreza con cámara</b>	1 – Novato Movimientos torpes o sin gracia, incapaz de mantener cámara centrada y bien orientada	2	3 - Competente Adecuado uso de la cámara, ocasionalmente requiere recolocación	4	5 - Experto Movimientos diestros y gráciles a lo largo procedimiento con la cámara siempre centrada y correctamente orientada
<b>Destreza bimanual</b>	1 – Novato Incapaz de utilizar ambas manos o sin coordinación entre ambas manos	2	3 - Competente Utiliza ambas manos pero ocasionalmente poca coordinación entre el movimiento de cámara e instrumentos	4	5 - Experto Utiliza ambas manos para coordinar cámara e instrumentos y posicionarlos para un adecuado desempeño
<b>Flujo del procedimiento</b>	1 – Novato Detiene el procedimiento frecuentemente o persiste sin progresar, intentos múltiples fallidos antes de completar el ejercicio	2	3 - Competente Progresión estable del procedimiento quirúrgico con pocos intentos fallidos antes de completar el ejercicio	4	5 - Experto Orden del procedimiento obviamente planeado, transiciones fluidas de uno a otro ejercicio sin intentos fallidos
<b>Calidad de procedimiento</b>	1 – Novato Producto final inadecuado o incompleto	2	3 - Competente Producto final adecuado con pequeñas fallas que no requieren corrección	4	5 - Experto Producto final óptimo sin fallas
<b>Autonomía</b>	1 Incapaz de completar procedimiento incluso con intervenciones	2	2 Capaz de completar procedimiento pero requirió intervenciones	3	3 Capaz de completar procedimiento sin intervenciones
<b>Procedimiento de complejidad agregado</b>	1 No dificultad	2	2 Dificultad moderada (inflamación leve o fibrosis)	3	3 Dificultad extrema (inflamación severa, anatomía anormal o abundante fibrosis)

**Tabla 7**  
**Comparación de los Descriptores de Escalas de Evaluación Global**  
**Adaptada de Middleton<sup>28</sup>**

<b>Descriptor</b>	<b>ASSET</b>	<b>BAKSSS</b>	<b>IGARS</b>
<b>Seguridad o disección</b>	Respeto por los tejidos	Respeto por los tejidos durante disección	Respeto por los tejidos
<b>Manipulación de instrumentos</b>	Destreza con instrumento	Manipulación de instrumento	Competencia en manipulación de instrumentos
<b>Manipulación de artroscopio</b>	Destreza con cámara	Incluida en manipulación de instrumento	Competencia en manipulación de artroscopio
<b>Percepción de profundidad</b>	Campo de visión en relación con posicionamiento de artroscopio para visión óptima del campo	Percepción de profundidad	Percepción de profundidad
<b>Destreza manual</b>	Destreza bimanual	Destreza bimanual	Destreza bimanual y triangulación
<b>Planeación / flujo de la tarea</b>	Flujo del procedimiento	Flujo de la cirugía y planeación anterógrada	Conocimiento de procedimiento específico y/o tareas a desarrollar
<b>Eficiencia</b>	Ninguno	Eficiencia	Eficiencia y tiempo
<b>Calidad</b>	Calidad de procedimiento	Calidad de producto final	Desempeño global individual y competencia

### **Desarrollo de Programas de Enseñanza con Simuladores de Artroscopia**

Aún queda pendiente responder qué habilidades deben enseñar los simuladores, cómo se va a medir esa mejoría y si es posible transferir esas habilidades quirúrgicas aprendidas con el simulador al quirófano.

Hui y colaboradores realizaron un estudio para identificar qué habilidades quirúrgicas consideraban más importantes los residentes antes de llevar a cabo un procedimiento quirúrgico en el quirófano y qué pensaban que debían componer el simulador ideal.<sup>9</sup> Aplicaron a sesenta y siete residentes en Canadá un cuestionario de 35 preguntas dividido en tres categorías: preparación del paciente e instrumentos, identificación de estructuras de navegación en artroscopia y manejo de instrumentos. Se incluyeron preguntas sobre el simulador ideal, tomando en cuenta tres categorías: fidelidad, tecnología y contexto. Los

residentes debían clasificar la importancia de cada tarea artroscópica para un método de aprendizaje de más a menos importante con una escala de 5 puntos. Los residentes también debían reportar el número de artroscopias asistidas durante su entrenamiento.<sup>9</sup>

Se encontró que los residentes de tercer a quinto año asistían a más artroscopias que los residentes de primer y segundo año. Las habilidades reportadas por los residentes como más importantes fueron: la identificación de estructuras anatómicas y navegación con artroscopio, seguidos por conocimiento de uso de instrumentos y preparación de paciente e instrumentos. Aunque, los residentes de cuarto año le otorgaron menos importancia al uso y manejo de instrumentos que los residentes de primer a tercer año y los de segundo año le dieron menos importancia a la misma categoría que los residentes de primer año.<sup>9</sup>

No hubo diferencia significativa entre el año académico para las cinco habilidades consideradas como más importantes. La habilidad que todos consideraron más importantes fue la triangulación con la punta del gancho palpador, seguida por la posición adecuada de los portales. Después se encontraron la examinación artroscópica del compartimento lateral, la examinación artroscópica de compartimento postero lateral y uso del rasurador o *shaver*. Las habilidades consideradas menos importantes fueron: colocación del torniquete, infiltración de analgésico local a cápsula articular, salir la de articulación y cierre de heridas, triangulación con punta de artroscopio de 0°, inserción de cánula de irrigación en portal supero lateral. Finalmente, se pidió a los residentes que calificaran la importancia de habilidades genéricas: conocimiento anatómico, percepción espacial, triangulación y percepción de profundidad, destreza manual y sensación. En estas categorías, se encontró más importancia por año académico para destreza manual. Finalmente, se interrogó a los residentes sobre el método de práctica que encontrarían más importante para prepararlos para el quirófano. Los preferidos fueron modelos cadavéricos y modelos de alta fidelidad sobre maniqués de baja fidelidad. Los residentes de primer año dieron más importancia a la simulación cadavérica y en realidad virtual que los de cuarto año.<sup>9</sup>

En el estudio se mostró que las habilidades cognitivas del procedimiento tuvieron mayor importancia que las manuales, así mismo, los modelos de alta fidelidad tuvieron mayor

preferencia entre residentes, lo cual, podría ser lógico, ya que los simuladores de alta fidelidad permiten entrenar tanto las habilidades motoras como las cognitivas del procedimiento. Sin embargo, al comparar los cadáveres como modelo de simulación con un simulador de realidad virtual de alta fidelidad, los residentes prefirieron el cadáver. Aún así, los modelos de baja fidelidad como los maniqués, pueden ayudar a desarrollar muchas de las habilidades motoras descritas como importantes en este estudio.<sup>9</sup>

### **Estudios de Validación de Simuladores en Artroscopia**

Para saber qué tan similar es un simulador a la realidad y qué tan útil es para el entrenamiento quirúrgico y evaluación de habilidades, se han realizado diferentes pruebas de validez. Existen diferentes tipos de validez utilizados en la evaluación de los simuladores de artroscopia. Estos tipos son: validez de contenido, validez de fase, validez concurrente, validez de construcción y validez de transferencia. La validez de contenido asegura que los dominios importantes de la simulación se cubren y criterios de contenido tienen relevancia. La validez de fase describe a qué nivel el simulador se parece a la realidad. La validez concurrente es la relación entre los resultados del simulador y algún otro sistema de evaluación sobre algún dominio en específico. La validez de construcción es la habilidad del simulador para diferenciar entre los diferentes niveles de experiencia quirúrgica. También se encuentra en algunos artículos como validez interna. Por último, la validez de transferencia o validez externa sirve para determinar qué tan bien se pueden transferir las habilidades adquiridas en un ambiente de realidad virtual a un procedimiento real.<sup>24,33</sup>

La mayoría de los estudios iniciales con simuladores en artroscopia se ha enfocado en la validación interna de los simuladores y en la capacidad de mejorar las habilidades artroscópicas de los residentes.

Coughlin y colaboradores desarrollaron y validaron un modelo de caja de baja fidelidad que consistió en diferentes módulos de entrenamiento y evalúa habilidades psicomotoras específicas, fundamentales para artroscopia. Éstas son: saber cómo tocar con gancho

palpador, capacidad de tomar objetos con pinzas, habilidad para resección de tejido, saber rasurar, poder llevar a cabo liberación de tejidos, poder pasar suturas por los portales, aproximación de tejidos y realización de nudos artroscópicos. Se diseñaron medidas para evaluar eficiencia y precisión de los participantes además de la velocidad para completar el ejercicio.<sup>21</sup>

Encontraron que los participantes menos experimentados tuvieron peores calificaciones que los más experimentados. También encontraron que sus sistema de calificación tenía una alta tasa de confiabilidad inter e intra observador. Este modelo es económico, con un costo calculado de ochocientos dólares americanos en 2015, permitiendo su uso cien veces, y requiere poco mantenimiento. La desventaja de este tipo de modelo es que cuenta con una baja fidelidad, por lo que puede ser utilizado para aprender habilidades básicas, pero no habilidades quirúrgicas artroscópicas más avanzadas.<sup>21</sup> Sin embargo, con estas características, cumple con los criterios para ser un buen simulador inicial.

Rebolledo y colaboradores realizaron un estudio prospectivo aleatorizado en el que se buscó evaluar el desempeño de residentes de primer y segundo año de ortopedia que tuvieran entrenamiento con simulador de artroscopia comparándolos con residentes que únicamente tuvieran entrenamiento didáctico. Después de una sesión de dos horas y media en el simulador con ejercicios básicos o una clase de dos horas para el otro grupo, los participantes tuvieron que realizar una artroscopia diagnóstica de rodilla y una de hombro en cadáver. Fueron evaluados con una lista preestablecida para evaluar artroscopia y una escala llamada IGI por sus siglas en inglés que mide las lesiones condrales en una artroscopia. Encontraron menor tiempo para completar la artroscopia de hombro en el grupo que practicó con el simulador y mejores puntajes en la escala de lesión de cartílago en artroscopia de hombro en el grupo del simulador. Aunque reportan una tendencia a mejores tiempos y mejores resultados en la escala de lesiones en el grupo del simulador, no encontraron diferencia estadísticamente significativa para la artroscopia de rodilla. Concluyen que los residentes que entrenaron en el simulador tuvieron mejor desempeño en artroscopia diagnóstica de hombro en cadáver y que se requieren más estudios para validar el entrenamiento con simuladores en ortopedia.<sup>34</sup>

Camp y colaboradores realizaron un estudio prospectivo aleatorizado en la Clínica Mayo en el que se utilizó una escala de medición de desempeño validada para comparar el valor educacional de practicar en cadáveres y simuladores de realidad virtual. Específicamente buscaron determinar si los residentes eran capaces de demostrar mejoría cuantificable en artroscopia después de un periodo de práctica en cadáveres y con un simulador de alta fidelidad comparado con controles y determinar qué modalidad de entrenamiento permite la máxima mejoría.<sup>23</sup>

Dividieron residentes en tres grupos: un grupo control, un grupo que practicaría en cadáveres durante cuatro horas sin enseñanza formal y otro que practicaría en el simulador de realidad virtual durante cuatro horas. Los participantes realizaron una artroscopia diagnóstica de rodilla en cadáver antes del entrenamiento y otra después del entrenamiento. Estas cirugías fueron grabadas y revisadas con la escala ASSET por dos cirujanos especializados en artroscopia. La diferencia en las calificaciones pre y post entrenamiento fueron consideradas como el grado de mejoría para los residentes. La mejoría media se calculó promediando la mejoría de los participantes con la mejoría de calificaciones de ese año de residencia. Para que la diferencia fuera significativa, debía haber una diferencia de 3 puntos en la escala de ASSET. Encontraron que los residentes mejoraron en ambos grupos de práctica pero la mejoría no fue estadísticamente significativa en el grupo del simulador de realidad virtual y los del grupo cadavérico tuvieron mayor mejoría en tiempo y en calificación que los otros.<sup>23</sup>

Aunque la mejoría no fue estadísticamente significativa, los simuladores de realidad virtual pueden ser una buena opción porque resultan a la larga más barato que mantener talleres de cadáveres. El análisis costo beneficio calculado para la Clínica Mayo mostró que el simulador debe utilizarse 300 horas anualmente para ser más beneficioso económicamente que el laboratorio de cadáveres.<sup>23</sup>

En otro estudio realizado por Jacobsen y colaboradores con simuladores de realidad virtual se buscó crear un sistema de evaluación, explorar la confiabilidad de la evaluación y recolectar evidencia de la validez de la evaluación para artroscopia de rodilla.<sup>35</sup>

Utilizaron el ARTHRO Mentor<sup>TM</sup> para realizar cinco procedimientos en rodilla con cirujanos novatos que eran residentes o internos de ortopedia y cirujanos expertos que hubieran realizado por lo menos doscientas artroscopias por su cuenta. Los procedimientos que realizaron fueron artroscopia diagnóstica con artroscopio con ruta fija, examinación de desgarró en asa de balde de menisco medial, examinación con gancho palpador de menisco discoide, el cuarto procedimiento fue artroscopia diagnóstica con gancho palpador y el quinto fue resección de desgarró horizontal en el menisco medial. Para establecer calificaciones con corte de pase o reprobación, utilizaron la intersección de las distribuciones de z tanto de los cirujanos como de los residentes.<sup>35</sup>

Encontraron que en el primer procedimiento, todas las variables podían discriminar entre los dos grupos, en el segundo ejercicio la rudeza de la cámara no tuvo capacidad discriminatoria. En el tercer procedimiento, la distancia viajada por el gancho y el tiempo para completar el ejercicio pudieron discriminar entre los dos grupos y en el cuarto ejercicio sólo la distancia de la cámara y el tiempo mostraron diferencias significativas. En el quinto ejercicio no encontraron diferencia y lo eliminaron del análisis. El principal hallazgo de este estudio fue que el simulador demostraba validez en cuatro procedimientos diagnósticos y que el estándar de pase o reprobación era creíble y confiable. La única variable que discriminó entre sujetos expertos y novatos en los cuatro ejercicios fue el tiempo de compleción. Concluyen que se pueden establecer puntos de corte para calificaciones aprobatorias o reprobatorias en el simulador de rodilla para valorar competencia de residentes antes de permitirles realizar artroscopias en el quirófano.<sup>35</sup>

Martin y colaboradores han realizado una serie de estudios en simuladores artroscópicos de hombro. En uno evaluaron la relación entre desempeño en un ejercicio cronometrado en un simulador artroscópico de realidad virtual y el mismo ejercicio en un modelo cadavérico. Encontraron que el tiempo para completar el ejercicio en el simulador era correlacionado con tiempo de desempeño en el modelo cadavérico y el tiempo para completar el simulador fue un predictor significativo del tiempo requerido para completar el ejercicio en el cadáver.<sup>36</sup>

En otro estudio realizado por Martin y colaboradores con el simulador de hombro Insight Arthro VR, siguieron de primero a quinto de residencia durante tres años. Evaluaron un ejercicio de artroscopia diagnóstica de hombro donde hay que encontrar esferas azules en puntos anatómicos clave dentro del hombro. Correlacionaron los resultados de esas artroscopias por año con las bitácoras de cirugías de los residentes. Encontraron que la variable que tuvo mayor impacto en tiempo de compleción del ejercicio fue el año académico en el que se encontraba el residente, seguido del número de artroscopias realizadas y del total de procedimientos quirúrgicos realizados. Encontraron que, en promedio, por cada aumento de año de residencia, había una disminución de veintitrés segundos en el tiempo de compleción del ejercicio. Por cada artroscopia de hombro realizada como residente, hubo una disminución de 0.6 segundos en tiempo de compleción. Finalmente, el número total de artroscopias y de cirugías completadas también se correlacionó con menor tiempo de compleción del ejercicio. Todas estas variables tuvieron significancia estadística. En la discusión, los autores refirieron que no debería sorprender la mejoría en calificaciones por grado académico pero encontraron que los residentes de cuarto año tuvieron mejor desempeño que los de quinto año. Alegan que probablemente se deba al aumento de casos artroscópicos por la rotación en el servicio de medicina del deporte en el cuarto año de residencia.<sup>13</sup>

Éste es uno de los únicos estudios que busca correlacionar mejoría y experiencia de los residentes con desempeño en el simulador de artroscopia únicamente con trabajo en quirófano utilizando el simulador como método de control estandarizado y no como método de aprendizaje.<sup>13</sup>

Existen una gran cantidad de estudios que buscan validar a los simuladores, todos con diferentes objetivos y diferentes maneras de evaluar el desempeño de los residentes con los simuladores. Por esto, Hetaimish y colaboradores realizaron una revisión sistemática de estudios sobre simuladores artroscópicos de rodilla. Buscaron determinar la consistencia en la manera de reportar resultados y de la validación de los simuladores. Encontraron trece estudios que cumplían con sus criterios de inclusión. Estos estudios fueron publicados entre

1999 y 2014. Encontraron seis estudios nivel IV, cinco estudios nivel I y dos estudios nivel II. Reportaron que la mayoría de los estudios eran de buena calidad.<sup>33</sup>

La variable que se reportó en todos los estudios fue el tiempo de compleción del ejercicio. Diez estudios reportaron ejercicios de visualización y palpación con el gancho palpador. El número de colisiones con cartílago o fuerza durante el ejercicio se reportaron en seis estudios. El número de movimientos de las manos se reportó en tres estudios. Los instrumentos de medición más comúnmente utilizados fueron el sistema de evaluación integrado a los simuladores (54%) seguido por la escala global de BAKSS 15%. Otras escalas utilizadas en los estudios fueron OSATS, OCAP y la lista de la Academia americana de cirugía ortopédica (AAOS por sus siglas en inglés).<sup>33</sup>

El tipo de validez más estudiado y reportado fue la validez de construcción o validez interna de los simuladores (85%) para poder diferenciar niveles de habilidad quirúrgica. Esto se investigó en 54% de los estudios para validez de construcción del simulador y 69% de los estudios para el instrumento de medición. La validez de transferencia se reportó en el 62% de los estudios. En el 23% de esos estudios se evaluó la validez de transferencia del simulador y en el 54% de estos estudios la validez de transferencia de los instrumentos de medición. Respecto a la transferencia de habilidades del simulador, 23% de los estudios investigaron la transferencia del simulador al quirófano y 46% de los estudios investigaron la transferencia de habilidades entre diferentes modelos de simuladores.<sup>33</sup>

En general, encontraron que sí hay mejoría en las habilidades quirúrgicas de los residentes después del uso de simuladores de alta y baja fidelidad aunque no hay estudios que comparen simuladores de alta y baja fidelidad. También encontraron falta de consistencia en la manera de evaluar y reportar el desempeño en los simuladores. Creen que se debería estandarizar la manera de reportar desenlaces quirúrgicos y que las escalas de evaluación global podrían ayudar a establecer el estándar de oro para evaluación de desempeño en simuladores. Aún falta determinar qué combinación de habilidades artroscópicas y herramientas de evaluación deben utilizarse para determinar de manera efectiva el aprendizaje de habilidades quirúrgicas.<sup>33</sup>

Los estudios con simuladores de realidad virtual para artroscopia han utilizado diferentes simuladores. Entre ellos se encuentran el ArthroS VR, el ARTHRO Mentor<sup>TM</sup>, SKATS, Proceidius, VE-KATS y ArthroSim. Debido a los diferentes estudios publicados que cuestionan la validez del simulador de realidad virtual ArthroS VR de rodilla y hombro, el simulador ha sufrido varias modificaciones. Actualmente existe una nueva versión que utiliza instrumentos reales para aumentar la fidelidad, incluye retroalimentación háptica pasiva en la que la resistencia se encuentra durante el procedimiento simulado al topar con objetos físicos pero en la pantalla se observa realidad virtual. Se incluyen también nuevas mediciones como el número de rasguños sobre las superficies articulares. En 2016 Garfjeld y colaboradores publicaron un estudio en el que intentaron validar esta nueva versión del Arthro S y sus nuevas variables utilizando la escala de ASSET. Encontraron diferencias en la escala de ASSET para los diferentes niveles de habilidades quirúrgicas (novato, intermedio y experto). Las variables que pudieron distinguir entre niveles de habilidad fueron: distancia viajada por los instrumentos, tiempo de compleción, el porcentaje de superficie articular rasguñada en la rodilla y el porcentaje de menisco sano resecado durante una meniscectomía. Los participantes contestaron encuestas sobre el realismo del simulador y reportaron mal realismo para hueso y tejidos blandos. Los autores también encontraron que los participantes pensaban que el simulador sería bueno para entrenamiento inicial de residentes pero poco útil para niveles más avanzados.<sup>37</sup>

La mayoría de los estudios que exploraron la validez interna de los simuladores concluyeron que el análisis de movimiento, en particular distancia viajada por los instrumentos y el tiempo de compleción del ejercicio pueden discriminar entre cirujanos novatos y expertos. Algunos estudios también encontraron que la rudeza en el uso de los instrumentos puede discriminar entre cirujanos novatos y expertos. Para esto se requieren sensores especiales ya sea en el simulador o unos adaptables al artroscopio y manos del sujeto estudiado.<sup>28</sup> Algunas de las nuevas variables propuestas por el ArthroS VR podrían incorporarse a la lista de variables con validez interna. Aunado a esto, la evaluación con escalas de evaluación global como ASSET podría ayudar todavía más a distinguir niveles de habilidad quirúrgica entre residentes.<sup>37</sup>

En 2014 Slade y colaboradores realizaron una revisión sistemática para identificar todos los estudios de validación de simuladores artroscópicos. También revisaron estudios prospectivos comparativos que utilizaran simuladores como herramientas de entrenamiento. Buscaron qué procedimientos estándar estaban diseñados para evaluar la validez interna y externa de simuladores artroscópicos.<sup>24</sup>

El hallazgo más importante fue la falta de estudios para determinar la transferencia de habilidades desarrolladas en un simulador al paciente. Se demostró que existe heterogeneidad en la literatura disponible para estudios en el simulador, lo que hace difícil comparar diferentes tipos de simuladores. Sin embargo, los estudios disponibles sí muestran una adecuada validez interna, teniendo la capacidad de discriminar entre usuarios experimentados, intermedios y novatos. La mayoría de los estudios no evaluaron la validez de transferencia de habilidades del simulador al quirófano. Únicamente un estudio demostró que el nivel de habilidades en residentes entrenados en el simulador era mayor que el de residentes no entrenados en simulador. Los autores concluyen que se deberían desarrollar guías internacionales para evaluar la validez externa de simuladores en cirugía ortopédica.<sup>24</sup>

Parece ser que los simuladores mejoran la habilidad quirúrgica de los residentes. También se ha demostrado una adecuada validez interna de los simuladores para discriminar entre niveles de habilidad quirúrgica (novato, intermedio y avanzado). Sin embargo, como menciona Slade en su conclusión, queda una pregunta al aire sobre la validez de los simuladores: ¿Las habilidades aprendidas en el simulador se pueden transferir a una cirugía real?

En 2008 Howells y colaboradores buscaron demostrar la validez de transferencia de habilidades artroscópicas de un simulador a una cirugía real de manera objetiva. De febrero de 2006 a febrero de 2007 reclutaron a 20 residentes de los primeros dos años de ortopedia que tuvieran mínima o nula experiencia en artroscopia. Los aleatorizaron en dos grupos diferentes. El primero tendría entrenamiento con un simulador de maniquí de rodilla con un protocolo definido y el segundo únicamente tendría entrenamiento en el quirófano.<sup>38</sup>

El programa de entrenamiento en el simulador incluía tres sesiones de seis artroscopias simuladas durante una semana. En esta etapa, se utilizó un sistema de monitoreo de movimiento previamente validado para simulación artroscópica. Este sistema recolecta información sobre el tiempo de compleción, la distancia viajada por instrumentos y el número total de movimientos de las manos. Todos los participantes realizaron una artroscopia de rodilla en quirófano supervisada por el mismo cirujano. El cirujano evaluó la artroscopia utilizando la sección transquirúrgica de evaluación de OCAP y la escala de OSATS.<sup>38</sup>

Demostraron que los sujetos que participaron en el plan de entrenamiento presentaban mejoría estadísticamente significativa en las variables medidas por los sensores. El análisis de desempeño dentro del quirófano mostró que el grupo del simulador obtuvo mejores calificaciones en ambas escalas de calificación. Tuvieron un participante del grupo de los simuladores que tuvo mal desempeño en la práctica y en la cirugía real tuvo calificaciones similares al grupo que no había tenido acceso a los simuladores.<sup>38</sup>

Sugieren que existe validez externa para los simuladores y que se podrían incorporar a un plan formal de entrenamiento quirúrgico. También sugieren que cada residente aprende a diferente ritmo. Plantean la posibilidad de exponer inicialmente a los residentes a los simuladores para desarrollar la primera parte de la curva de aprendizaje y que al demostrar un cierto nivel de competencia en el simulador, el residente podría progresar a aprendizaje dentro del quirófano.<sup>38</sup>

Es de los pocos estudios aleatorizados, ciegos, que buscan demostrar la validez externa de los simuladores. Llama la atención que utilizan simuladores tipo maniqués y no simuladores de realidad virtual. No hay suficiente evidencia para asegurar que estos resultados son transferibles a un simulador de realidad virtual, sin embargo, los sensores de movimiento que utilizan son similares a los que se encuentran incorporados a los de realidad virtual y miden las mismas variables.<sup>38</sup>

Boutefnouchet y colaboradores publicaron en febrero de 2016 una revisión sistemática se analizaron los estudios aleatorizados que evaluaran residentes que se entrenaran con un simulador de artroscopia de realidad virtual. Se buscaron estudios que reportaran la transferencia de habilidades artroscópicas al quirófano y la retención de estas habilidades a lo largo del tiempo. Encontraron únicamente dos estudios con nivel de evidencia 1 que cumplieran criterios de inclusión. Ambos estudios eran estudios aleatorizados, simple ciego que utilizaron simuladores similares.<sup>39</sup>

El estudio realizado por Howells en 2009 demostró mejoría en el desempeño en artroscopia de rodilla después de un periodo de entrenamiento en el simulador.<sup>38</sup> El otro estudio fue realizado por Jackson en 2012 y demostró mejoría de desempeño en artroscopia de rodilla y retención de las habilidades adquiridas hasta seis meses después.<sup>40</sup> Ambos estudios demostraron que el tiempo para completar el ejercicio, la distancia viajada por los instrumentos y el número de colisiones de los instrumentos fueron variables asociadas con la mayor validez y confiabilidad para la evaluación de habilidades artroscópicas. Las limitaciones de ambos estudios son: un pequeño número de participantes, evaluación en artroscopia de rodilla únicamente, dificultad para determinar experiencia previa en artroscopia de los participantes, desarrollo de habilidades artroscópicas por parte de los participantes por otros medios que no sean los simuladores y falta de homogeneidad en la manera de evaluar la adquisición de habilidades. Estas limitantes son comunes para la mayoría de los estudios con simuladores hasta el momento. En la discusión plantean dos preguntas importantes: ¿cuál es el costo para entrenamiento con simuladores? ¿La simulación artroscópica ayuda a la adquisición de habilidades profesionales como trabajo en equipo y etiqueta de quirófano?<sup>39</sup>

Concluyen que ambos estudios demostraron adecuada validez interna y consistencia en entrenamiento artroscópico de rodilla utilizando simuladores. También mencionan que se necesitan más estudios con mejor calidad para establecer un adecuado vínculo entre la adquisición de habilidades con simuladores y su aplicación a situaciones clínicas reales.<sup>39</sup>

En un estudio diferente a todos los demás sobre simuladores, Akhtar y colaboradores realizaron un cuestionario sobre la percepción del público general para el entrenamiento quirúrgico con simuladores. Este cuestionario se aplicó al público asistente a una exhibición de lanzamiento de simulador de artroscopia de Symbionix en Gran Bretaña. Participaron 159 personas y sus resultados fueron los siguientes: el 86% asumieron que los simuladores se utilizan en entrenamiento quirúrgico de manera habitual, el 94% sienten que debería ser obligatorio el uso de simuladores en entrenamiento quirúrgico, el 87% desearía que su cirujano hubiera entrenado en un simulador y el 72% creyeron que entrenamiento adicional en simuladores da como resultado mejores cirujanos. Ningún participante respondió que querría ser operado por un cirujano que no estuviera entrenado en simuladores.<sup>12</sup>

Vivimos una época de cambios de paradigmas en la enseñanza médica, especialmente en la enseñanza de habilidades quirúrgicas. Es un hecho que cada vez más los simuladores serán incorporados a los programas de residencia como está sucediendo ya en Estados Unidos y en el Reino Unido y probablemente se busque la manera de incorporarlos a programas de enseñanza continua. En la sexta junta anual del consorcio de institutos acreditados para la educación del colegio americano de cirujanos (ACS- AEIs por sus siglas en inglés) se juntaron representantes de cinco especialidades quirúrgicas para compartir hallazgos y problemas de la enseñanza con simuladores.<sup>25</sup>

Algunas de las conclusiones de esta junta fueron que es necesario un esfuerzo nacional para compartir avances en este campo en todas las especialidades quirúrgicas y actualmente la mayoría de los esfuerzos respecto a enseñanza con simuladores se enfocan en estudiantes de medicina y residentes de primer y segundo año. Eventualmente se deben enfocar los esfuerzos para incluir residentes de mayores jerarquías, cirujanos que deban aprender nuevas habilidades y cirujanos que deban mantener habilidades quirúrgicas y tal vez utilizarlos como método de evaluación para certificación o recertificación. También sería posible reclutar cirujanos retirados o cercanos a la edad de retiro para que enseñen a los residentes. Tanto los simuladores de baja y de alta fidelidad han demostrado valor de enseñanza en diversas especialidades quirúrgicas. Aún existe un problema con la

estructuración de los programas de enseñanza con simulación y la validación de los simuladores. No se está prestando suficiente atención a la necesidad de modelos de entrenamiento basados en competencias que puedan ayudar a los residentes a alcanzar niveles definidos de habilidades y de reafirmar habilidades en estos niveles.<sup>25</sup> Este último problema es el más importante en enseñanza con simuladores en ortopedia. Actualmente todos los esfuerzos de investigación se están concentrando en resolver estos dilemas para poder diseñar programas de entrenamiento formales y homogéneos, que puedan ser aplicados globalmente.

## **Justificación**

La artroscopia es uno de los procedimientos quirúrgicos ortopédicos más comunes en la actualidad. Existen muchas barreras para continuar con el aprendizaje tradicional en quirófano. Se están buscando alternativas para el desarrollo de habilidades motoras para cirugía artroscópica. Las características de la artroscopia la hacen propensa al aprendizaje en simuladores. Hasta ahora se ha encontrado una buena capacidad de los simuladores para discriminar entre cirujanos novatos y expertos pero aún no está claro si las habilidades aprendidas en simuladores pueden ser transferidas al quirófano y aplicadas en una cirugía real. Hasta donde se tiene conocimiento, no existe en México otro centro con un simulador de realidad virtual de artroscopia. Tampoco existe un programa de residencia de ortopedia que incorpore formalmente la simulación en su programa de enseñanza.

El Centro Médico ABC adquirió el simulador de realidad virtual de artroscopia a principios de 2015 y estuvo disponible para el uso de los residentes de segundo, tercer y cuarto año. Por el momento, no se cuenta con valores estándar de referencia en los ejercicios del simulador de artroscopia de realidad virtual para diferentes niveles de habilidad quirúrgica en el Centro Médico ABC.

Originalmente, el objetivo del protocolo era cuantificar la mejoría de los residentes en artroscopia con el uso del simulador. Sin embargo, al ser un nuevo instrumento, desconocido, y no existir programas de entrenamiento establecidos, no existió un programa de entrenamiento formal. Al revisar los archivos del simulador, encontramos que no había sido utilizado suficientemente ni había información homogénea de los residentes para poder cuantificar mejoría. Decidimos modificar el objetivo y establecer valores estándar para artroscopia diagnóstica con y sin gancho palpador en el simulador para residentes de diferente año académico, médicos tratantes no artroscopistas y médicos tratantes artroscopistas.

Al contar con valores estándar, podremos diseñar un programa de entrenamiento para residentes con metas objetivas y realistas dirigido a mejorar las habilidades motoras quirúrgicas en artroscopia.

## **Objetivo**

Establecer valores estándar para artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador en el simulador de realidad virtual ARTHRO Mentor™ en residentes y médicos tratantes del Centro Médico ABC.

## **Hipótesis**

Los valores estándar para médicos tratantes serán mejores que los de los médicos residentes en artroscopia diagnóstica con y sin gancho palpador en el simulador de rodilla ARTHRO Mentor™.

## **Material y Metodología**

### **Descripción del simulador de realidad virtual ARTHRO Mentor™**

El simulador de realidad virtual para artroscopia utilizado en este protocolo fue el ARTHRO Mentor (AM)™ (Simbionix, Airport, Israel) de Simbionix 3D Systems (Cleveland, Ohio) que se encuentra en el centro de educación por simuladores en el Campus Observatorio y fue adquirido a principios de 2015.

La plataforma de simulación consiste en un monitor, modelos intercambiables de rodilla, hombro y cadera y dos brazos robóticos que proveen retroalimentación háptica con los que se pueden manipular instrumentos. En este protocolo se utilizó la rodilla derecha que permite movimientos de flexión a 90°, hiperextensión de 10°, varo y valgo de aproximadamente 10° cada uno. Se pueden cambiar de manera indistinta los mangos de los instrumentos: artroscopio, pinza y mango de gancho palpador. Es posible modificar la altura de la plataforma para obtener una posición de trabajo cómoda para el usuario. Ver **foto 1**.



**Foto 1 ARTHRO Mentor™ con modelo de rodilla**

El modelo físico y el software son de una rodilla derecha. En este protocolo el artroscopio siempre se manipuló con la mano izquierda y el gancho palpador con la derecha. Al trabajar dentro de la rodilla, el software tiene un mecanismo de retroalimentación háptico, que permite al usuario sentir movimiento y resistencia si alguno de los instrumentos (artroscopio, gancho o tijera) chocan con estructuras como el ligamento cruzado anterior o los cóndilos femorales.

El programa curricular es el MentorLearn Simulator Curricula Management System ®, que permite personalizar el currículo de trabajo, una administración fácil y eficiente de usuarios del simulador, entrenamiento de práctica basado en competencias y reportes con gráficas de curvas de aprendizaje de cada usuario).<sup>41</sup>

El programa académico preinstalado para rodilla incluye cuatro etapas.

La primera etapa es la etapa básica de fundamentos en entrenamiento para cirugía artroscópica, o FAST por sus siglas en inglés. Está basada en el programa diseñado en 2011 por la AANA, AAOS y ABOS, dirigida a residentes de primer año. Parte de la premisa de que las habilidades básicas quirúrgicas se desarrollan mejor de manera secuencial como se mencionó en la introducción.

Los ejercicios son físicamente dentro de la rodilla, pero la imagen en el monitor es de un espacio virtual en donde hay que enfocar y manipular esferas generalmente. Hay once ejercicios disponibles que fueron diseñados al desglosar las habilidades necesarias para llevar a cabo una artroscopia de manera satisfactoria. Cada módulo de entrenamiento está dirigido para desarrollar una habilidad psicomotora específica.

Los once ejercicios son:

1. Estabilidad
2. Orientación de imagen
3. Centralización de imagen
4. Telescopaje
5. Movimiento linear deliberado
6. Periscopaje
7. Seguimiento de objetivo en movimiento con artroscopio
8. Triangulación básica con gancho palpador
9. Tocar objeto estático
10. Seguimiento simultáneo de imagen y palpación de un objeto en movimiento
11. Medición de dimensiones articulares

La segunda etapa de entrenamiento en el simulador se llama ejercicios básicos de rodilla. Está dirigido a cirujanos ortopedistas que se especializan en artroscopia, a residentes de ortopedia y residentes de subespecialidad en programas de medicina del deporte. En esta etapa se realizan ejercicios en un ambiente no anatómico y en un ambiente anatómico con el objetivo de practicar el uso de cada uno de los instrumentos quirúrgicos en artroscopia: artroscopio, gancho, pinza y tijera. Tiene como objetivos secundarios desarrollar

habilidades necesarias para orientación en un ambiente en tercera dimensión y técnica de triangulación, coordinar movimiento de artroscopio e instrumentos para triangulación, aprender a utilizar una lente de 30°, aprender a enfocar un objeto de manera adecuada, mejorar habilidades para manejo de gancho tomando en cuenta efecto de fulcro y control del efecto visual de cambio de orientación de cámara.

La tercera etapa del simulador es el módulo de diagnóstico de rodilla. Está dirigido a cirujanos ortopedistas que se especializan en artroscopia, a residentes de ortopedia y residentes de subespecialidad en programas de medicina del deporte. Esta etapa está diseñada para mostrar diferentes estructuras de la anatomía artroscópica de la rodilla y para desarrollar habilidades para un procedimiento diagnóstico seguro en la rodilla. Durante la examinación artroscópica de la rodilla se llevan a cabo tres habilidades básicas: visualización, palpación y palpación anatómica. Los objetivos de esta etapa son: practicar una artroscopia diagnóstica de rodilla con un recorrido fijo, reconocer una rodilla sana y reconocer patologías relacionadas con el menisco.

La cuarta etapa del simulador son procedimientos artroscópicos. Esta etapa está dirigida a residentes de ortopedia y residentes de subespecialidad en programas de medicina del deporte. En esta etapa se combinan ejercicios que representan procedimientos específicos y las tareas necesarias para llevarlos a cabo. Estos procedimientos son meniscectomía, reconstrucción de ligamento cruzado anterior, extracción de cuerpos libres y reparación de cartílago dañado. Los objetivos son aprender a reseca la parte rota de un menisco sin lesionar estructuras adyacentes, aprender dónde se deben perforar los túneles para un injerto de ligamento cruzado anterior, aprender a utilizar las pinzas para extraer cuerpos libres intra articulares y aprender a hacer microperforaciones de manera uniforme.

## Diseño del Estudio

### Cálculo de tamaño de muestra

Considerando que el total de la población objetivo - médicos tratantes y médicos residentes del Centro Médico ABC-, se compone de residentes en un 25%, valor de Z alfa 1.96, buscando una amplitud del intervalo de confianza de 0.1, la fórmula de tamaño de muestra para una proporción, da un total de 36 sujetos a estudiar (entre tratantes y residentes). Se incluirán todos los sujetos disponibles sin que sean menos de 36 en total.

### Criterios de inclusión

- Residentes del Centro Médico ABC que aceptaran participar en el protocolo.
- Médicos tratantes del Centro Médico ABC que aceptaran participar en el protocolo.

### Criterios de exclusión

- Residentes y médicos tratantes que no aceptaran participar en el protocolo
- Residentes y médicos tratantes que no firmaran consentimiento informado para autorizar uso de la información
- Residentes y médicos tratantes que no formaran parte del cuerpo médico del Centro Médico ABC

### Definiciones

- **Médico residente:** médico general con cédula profesional en proceso de formación como ortopedista inscrito ante la UNAM con sede de enseñanza en el Centro Médico ABC
- **Médico tratante:** médico ortopedista con cédula profesional de especialidad que cumple con la adecuada credencialización para ejercer en el Centro Médico ABC. Se puede conocer como médico de *staff* o médico adscrito.
- **Médico tratante artroscopista:** médico tratante ortopedista que realice más de cincuenta artroscopias al año o que haya tenido un entrenamiento formal en artroscopia de acuerdo con los criterios de la AANA

- **Médico tratante no artroscopista:** médico ortopedista que no realice más de cincuenta artroscopias al año, que no haya tenido un entrenamiento formal en artroscopia o que sea primer ayudante en la mayoría de las cirugías, aunque realice artroscopias de manera regular
- **Primer Cirujano:** médico tratante del Centro Médico ABC que es primer cirujano en la mayoría de las cirugías artroscópicas en las que participa. Toma decisiones y generalmente manipula el artroscopio y los instrumentos.
- **Primer ayudante:** médico tratante del Centro Médico ABC que es primer ayudante en la mayoría de las cirugías artroscópicas en las que participa. Asiste al cirujano dando posición al paciente, manipulando ocasionalmente el artroscopio o alguno de los instrumentos durante la cirugía.

Es importante mencionar que en el Centro Médico ABC se llevan a cabo una gran cantidad de procedimientos quirúrgicos artroscópicos aunque no existe un servicio de cirugía artroscópica como en hospitales públicos. Aquí todos los pacientes son pacientes privados y la mayoría de los ortopedistas trabaja en grupos o sociedades compuestas por varios miembros con diferente tiempo de práctica y diferente subespecialidad. De los grupos en los que realizan cirugía artroscópica, uno de los miembros habitualmente tiene más experiencia o tiene entrenamiento específico y es quien funge como primer cirujano. Los primeros cirujanos generalmente son los que llevan a cabo la manipulación del artroscopio e instrumentos durante la cirugía. En ocasiones, los primeros ayudantes son los encargados de manipular el artroscopio mientras el primer cirujano realiza algún procedimiento específico. Los primeros ayudantes pueden ser socios o residentes. Por esto, todos los ortopedistas egresados y los residentes del Centro Médico ABC tienen un gran contacto con la artroscopia desde el primer año de residencia.

## **Cronograma de Actividades**

Investigación bibliográfica: mayo 2015 a mayo 2016

Diseño de protocolo: mayo 2015

Modificación de Protocolo: diciembre 2015 – enero 2016

Redacción de protocolo y revisión por comités: enero - febrero 2016

Solicitud autorización centro de simuladores: febrero 2016  
Selección de ejercicios y algoritmo de eventos: enero - febrero 2016  
Invitación a participantes: enero 2016  
Recolección de datos: enero 2016 a abril 2016  
Análisis estadístico: mayo – junio 2016  
Redacción de tesis: mayo 2015 a julio 2016  
Conclusiones: julio 2016  
Impresión de tesis: agosto 2016  
Difusión: agosto 2016  
Redacción para publicación: agosto – septiembre 2016

## **Metodología**

Entregué cartas de invitación a sesenta y tres médicos Centro Médico ABC para participar en el protocolo de estudio la última semana de enero de 2016. Esta carta se puede ver en el **anexo 1**. De estos, cincuenta y dos eran médicos tratantes miembros de la asociación médica y veintiún residentes. Del grupo de los residentes, cuatro eran residentes de nuevo ingreso para el año académico de marzo 2016, cuatro de primer año, cuatro de segundo año, cuatro de tercer año y cinco residentes de cuarto año que terminarían la especialidad el 28 de febrero de 2016.

Acudí a la mayoría de los consultorios para entregar las cartas a los médicos tratantes. En caso de no encontrarlos, dejé las cartas con sus secretarías y a los residentes los invité a lo largo de una semana durante las actividades cotidianas de la residencia. En todos los casos expliqué verbalmente a los invitados el objetivo del protocolo al entregar la carta. Hice un agenda en donde acordamos las fechas y horarios en las que acudirían los médicos tratantes y residentes que aceptaran la invitación.

El simulador de artroscopia se encuentra en el centro de entrenamiento por simuladores del campus Observatorio, se puede acudir de lunes a viernes de ocho de la mañana a cinco de la tarde. Solicité permiso en el centro de simuladores para poder realizar mi protocolo de tesis

de febrero a abril de 2016. En el **anexo 2** se puede encontrar la carta de autorización para el protocolo en el centro de simuladores.

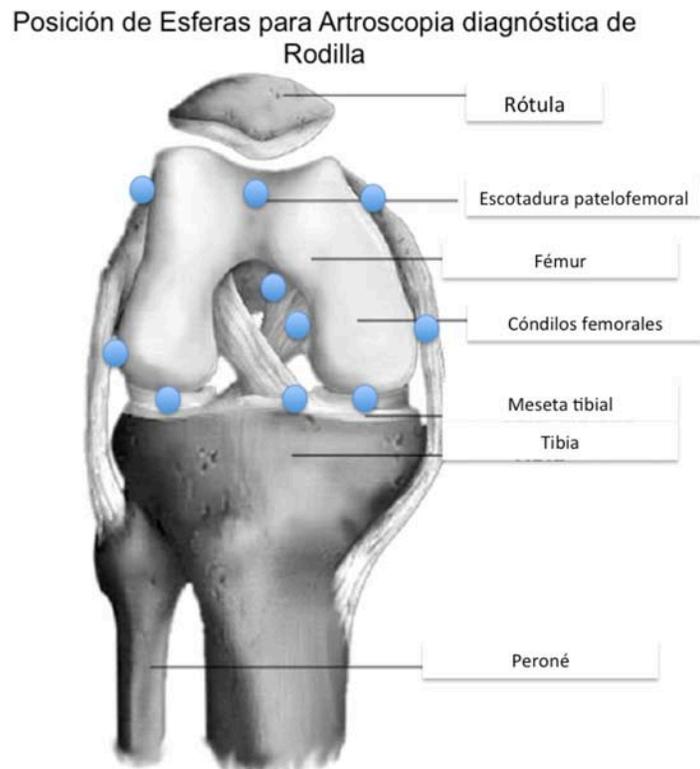
Acudí con uno de los asesores de tesis al simulador y elegimos una serie de ejercicios que ayudarían al usuario de primera vez a conocer el simulador, acostumbrarse a la interfase y disminuir el sesgo de malos resultados por falta de familiaridad con el simulador. Desarrollé un algoritmo que se puede encontrar en el **anexo 3**.

Elegimos cuatro ejercicios básicos iniciales para conocer los movimientos del artroscopio y conocer el simulador: el ejercicio número uno que consiste en enfocar una esfera con el artroscopio, el ejercicio número seis que consiste en enfocar una esfera dentro de una caja utilizando el periscopaje del artroscopio, el ejercicio número ocho que consiste en encontrar, enfocar y palpar esferas con el gancho palpador y por último, el ejercicio número diez que consiste en enfocar y palpar una esfera y seguir su movimiento con el artroscopio y el gancho palpador. Estos ejercicios se realizaron una sola vez con todos los participantes, explicando cómo funciona el artroscopio y cómo triangularse en el simulador.

Para la segunda etapa no tomamos en cuenta los ejercicios en ambiente no anatómico y elegimos dos ejercicios: orientación de la cámara dentro de la rodilla y orientación y palpación dentro de la rodilla.

El primer ejercicio consiste en encontrar esferas azules dentro de la rodilla y enfocarlas durante dos segundos. Existen diez sitios dentro de la rodilla en donde aparecen estas esferas. Durante el ejercicio aparecen ocho esferas de las diez posibles de manera aleatoria y en la parte inferior del monitor se indica al usuario cuál debe de encontrar. Al centrar la esfera en la imagen del artroscopio, se vuelve verde. Al enfocarla durante dos segundos, la esfera desaparece y aparece en una nueva localización dentro de la rodilla. El usuario debe manipular la rodilla, es decir, extender, flexionar, colocar en varo o valgo por su cuenta para tener la mejor posición que permita adecuada visualización de la esfera. Durante los ejercicios el usuario podía ajustar la altura del simulador para manipularlo cómodamente. Este ejercicio se realizó tres veces para que el usuario se acostumbrara al simulador, a la

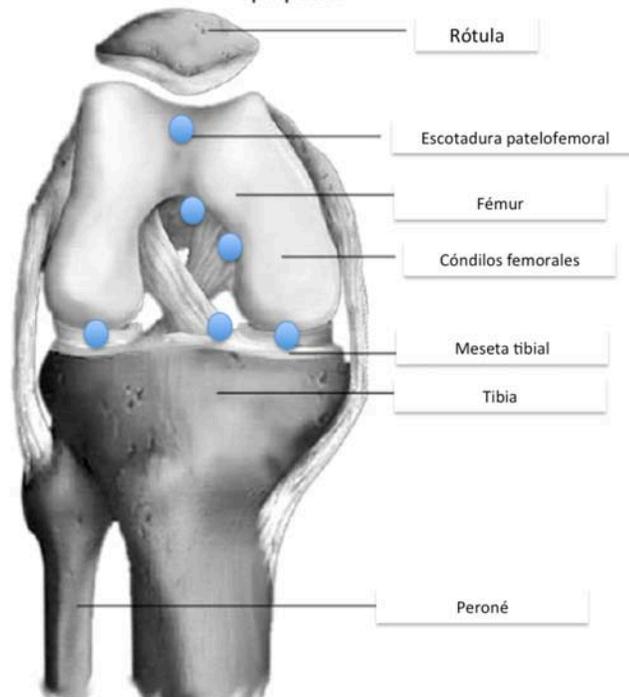
sensibilidad de los instrumentos y aprendiera la localización de las esferas y la manera de acceder a ellas. Las esferas aparecen siempre en orden aleatorio. Al realizar el ejercicio tres veces, se obtiene acceso a todas las esferas. Ver **figura 6**.



**Figura 6 Posición de esferas para artroscopia diagnóstica de rodilla sin gancho palpador**

El segundo ejercicio consiste en identificar y palpar cuatro esferas azules dentro de la rodilla. Al enfocar las esferas, se vuelven verdes y después de dos segundos, se vuelven azules nuevamente. En este momento, el usuario debe tocar la esfera con el gancho palpador. Al palparla se vuelve verde y desaparece después de dos segundos. Este ejercicio también se realizó tres veces para que el usuario se acostumbrara a la triangulación y a la manera de encontrar las esferas. Son seis esferas totales posibles y en cada ejercicio se muestran cuatro en orden aleatorio. Son las mismas esferas que en el primer ejercicio, excepto las pericondíleas que no aparecen en esta ocasión. Al realizar el ejercicio tres veces se obtiene acceso a todas las esferas.

Posición de esferas para artroscopia diagnóstica de rodilla con gancho palpador



**Figura 7 Posición de esferas para artroscopia diagnóstica de rodilla con gancho palpador**

Durante estos ejercicios ofrecí ayuda verbal a los participantes para poder localizar las esferas.

La tercera etapa correspondió a la etapa final del protocolo. Obviamos los procedimientos para menisco ya que los criterios de calificación del sistema no están muy claros. Elegimos la evaluación visual con recorrido fijo y examinación con gancho palpador con recorrido fijo.

La evaluación visual con recorrido fijo o artroscopia diagnóstica sin gancho palpador se realizó tres veces. En este ejercicio, aparecen las diez esferas azules que se conocieron en la segunda etapa. La diferencia es que en esta ocasión aparecen siempre en orden fijo. Empiezan en la escotadura patelofemoral, luego parapatelar medial, pericondíleo distal medial, meseta tibial medial, escotadura intercondílea, meseta tibial lateral, pericondíleo distal lateral, parapatelar lateral, base de ligamento cruzado anterior e inserción femoral de

ligamento cruzado posterior. Esto simula el orden ideal de una artroscopia diagnóstica de rodilla. Todas las esferas deben de enfocarse durante dos segundos.

El último fue la artroscopia diagnóstica con gancho palpador. Este ejercicio también se realizó tres veces. Aquí deben encontrarse y palpar seis esferas conocidas en la segunda etapa pero ahora en una secuencia fija. En este ejercicio las esferas no cambian de color al enfocarse con el artroscopio. Se deben tocar con el gancho palpador para que se vuelvan verdes y después de dos segundos desaparecen y aparece la siguiente. Este ejercicio inicia en espacio patelofemoral, continúa en meseta tibial medial, escotadura intercondílea, meseta tibial lateral, base de ligamento cruzado anterior e inserción femoral de ligamento cruzado posterior.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en una única sesión. En todas las sesiones me encontré presente con los participantes y ofrecí ayuda verbal a los participantes para localizar las esferas. Los participantes también podían elegir escuchar música de su preferencia o trabajar en silencio para estar cómodos.

A los residentes de nuevo ingreso, conocidos como R0 a lo largo del protocolo, les di una corta explicación de la anatomía artroscópica de la rodilla, les mostré la imagen de la rodilla con la posición de las esferas (ver arriba) y también demostré una vez el primer ejercicio de artroscopia diagnóstica con artroscopio y el primer ejercicio diagnóstico con gancho palpador.

Antes de iniciar la evaluación, los participantes firmaban un consentimiento informado en donde autorizaban el uso de la información recopilada de manera anónima. **Ver Anexo 4.** Los médicos tratantes contestaron una encuesta de dieciocho preguntas sobre su entrenamiento y práctica ortopédica. **Ver anexo 5.** En este momento clasifiqué a los médicos tratantes en uno de dos grupos: médicos tratantes artroscopistas (MTA) y médicos tratantes no artroscopistas (MTnoA) en base a los criterios previamente mencionados.

Los médicos residentes recibieron encuestas electrónicas que debieron contestar en [www.surveymokney.com](http://www.surveymokney.com). **Ver hipervínculos en anexo 6.** Dividí a los médicos residentes en grupos por año académico en 2015 – 2016. Los R0 aún no iniciaban su residencia, nunca habían utilizado el simulador de artroscopia y no habían participado en talleres o cirugías con artroscopia. Los R1 eran residentes de primer año que nunca habían utilizado el simulador de artroscopia. Los R2 eran residentes de segundo año, los R3 residentes de tercer año y los R4 residentes de cuarto año. Los tres últimos grupos habían tenido acceso al simulador sin un programa de entrenamiento bien establecido.

## **Variables**

En los ejercicios con artroscopio se mide el tiempo para completar el ejercicio, la distancia viajada por el artroscopio y la rudeza del artroscopio. Al final del ejercicio el simulador muestra estos resultados junto con una calificación global y una calificación para cada variable.

En los ejercicios con gancho palpador se miden el tiempo para completar el ejercicio, la distancia viajada por el artroscopio, la rudeza del artroscopio, la distancia viajada por el gancho palpador y la rudeza del gancho palpador. De igual manera, al terminar el ejercicio, el simulador muestra estos resultados junto con una calificación global y una calificación para cada variable. El tiempo para completar cada ejercicio se expresa en segundos, la distancia representa la distancia viajada por la punta del artroscopio o del gancho palpador dentro de la rodilla, la rudeza representa el número de colisiones con el cartílago que habrían causado daño (esto está predefinido por el software) y la calificación total en el ejercicio se expresa en números, siendo la máxima calificación posible 10.0. **Ver tabla 8.**

**Tabla 8**  
**Variables**

	<b>Ejercicio</b>	<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>	<b>Categoría</b>	
<b>Rodilla</b>	Ejercicio 1	Tiempo (T)	Segundos	Continua	
	Artroscopia Diagnóstica sin gancho palpador	Distancia viajada de cámara (DV)	mm	Continua	
	Evaluación visual con recorrido fijo	Rudeza de cámara (RC)	N	Continua	
		Calificación Total	Número	Continua	
	Ejercicio 2		Tiempo (T)	Segundos	Continua
		Artroscopia diagnóstica con gancho palpador con recorrido fijo	Distancia viajada de cámara (DV)	mm	Continua
			Rudeza de cámara (RC)	N	Continua
			Distancia viajada de gancho palpador (DVG)	mm	Continua
			Rudeza de gancho palpador (RG)	N	Continua
		Calificación Total	Número	Continua	

Con ayuda del personal del centro de simuladores creamos una cuenta con usuario y contraseña para los médicos tratantes y médicos residentes que nunca habían utilizado el simulador. El resto de los residentes utilizaron la cuenta que había sido creada previamente para ellos.

Documenté los resultados de todos los ejercicios realizados en el algoritmo pero únicamente analizamos la evaluación visual con recorrido fijo y la examinación con gancho palpador con recorrido fijo.

## **Recursos Humanos**

**Investigador Principal:** Dra. Claudia Arroyo Berezowsky.

Médico residente de traumatología y ortopedia de cuarto año de Centro Médico ABC.

Búsqueda bibliográfica, diseño de protocolo, invitación a participantes, diseño de algoritmo de estudio, recopilación de información, redacción de manuscrito, presentación de tesis, publicación.

**Asesor de Tesis:** Dr. Armando Torres Gómez, MSc FACS

Profesor adjunto al curso de traumatología y ortopedia del Centro Médico ABC.

Cirujano Ortopedista, Maestro en Ciencias

Diseño de protocolo, análisis estadístico

**Asesor de Tesis:** Dr. Ranulfo Romo Rodríguez

Profesor de curso de traumatología y ortopedia del Centro Médico ABC.

Cirujano Ortopedista

Diseño de protocolo, diseño de algoritmo de estudio, revisión de manuscrito y revisión de manuscrito final

### **Recursos Institucionales**

La recopilación de información se llevó a cabo en el simulador de realidad virtual de artroscopia ARTHRO Mentor™ localizado en el centro de educación por simuladores en campus Observatorio del Centro Médico ABC.

### **Recursos Materiales**

Investigador principal cuenta con computadora personal, memoria extraíble, impresora.

Las hojas, tinta, sobres y software para recopilación y análisis de información fueron financiados por el investigador principal.

### **Análisis Estadístico**

Las variables continuas fueron sometidas a pruebas de normalidad (Kolmogorov – Smirnov y Shapiro- Wilk); las variables paramétricas se describen como media (Desviación estándar) las no paramétricas como mediana (rango intercuartil - RIC, mínimo – máximo). Las variables categóricas (cualitativas) se describen como frecuencias absolutas y relativas (%). Las comparaciones entre variables numéricas paramétricas se hicieron con *t* de Student y U de Mann - Whitney para las no paramétricas. Las comparaciones entre variables categóricas se realizaron con prueba exacta de Fisher o Chi al cuadrado dependiendo de la cuenta de esperados. Se calcularon las diferencias y se reportan en valor absoluto a partir de medias o medianas. A las medianas se les reporta el intervalo de confianza al 95%. Un valor de *p* a dos colas  $\leq 0.05$  se consideró significativo. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS 16.0.

## Resultados

### Características de los participantes

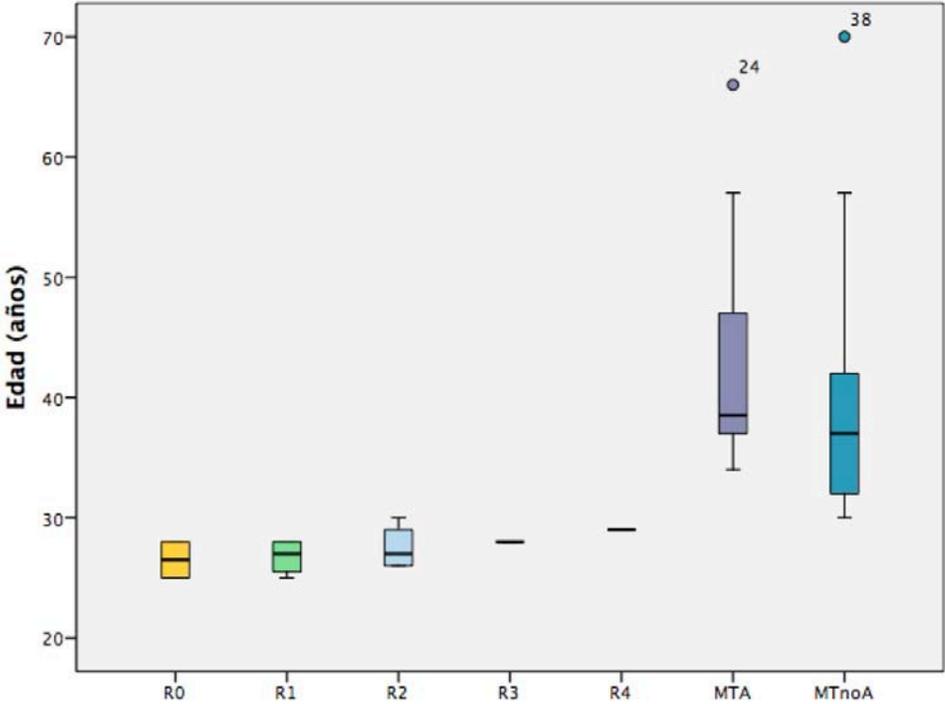
En la **tabla 9** se describen las características demográficas de la población. La mediana de edad de los sujetos fue de 31 años (35 a 70); el 78.% de participantes fueron hombres y el 21.1% mujeres. El 94.7% de los sujetos tuvieron dominancia derecha y únicamente el 5.3% izquierda. El 34.2% tuvo experiencia previa con el simulador y el 81.6% ha utilizado videojuegos en algún momento en su vida. **Gráficas 1-5** .

**Tabla 9. Características de Todos los Participantes**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Edad	31 (10, 25 – 70)
Sexo Femenino	8 (21.1%)
Sexo Masculino	30 (78.9%)
Dominancia: derecha	36 (94.7%)
Dominancia: izquierda	2 (5.3%)
Médico Tratante	20 (52.63%)
Médico Residente	18 (47.36%)
Experiencia con AM	13 (34.2%)
Jugador Videojuegos	31 (81.6%)

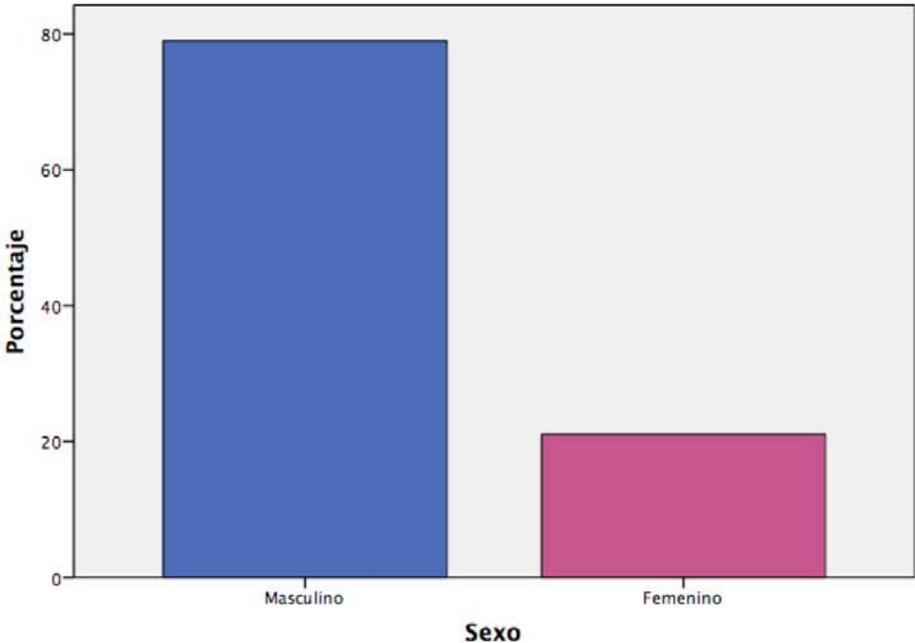
Valores presentados como Mediana (RIC, min – max). Frecuencias absolutas (%)

### Edad por Grupos



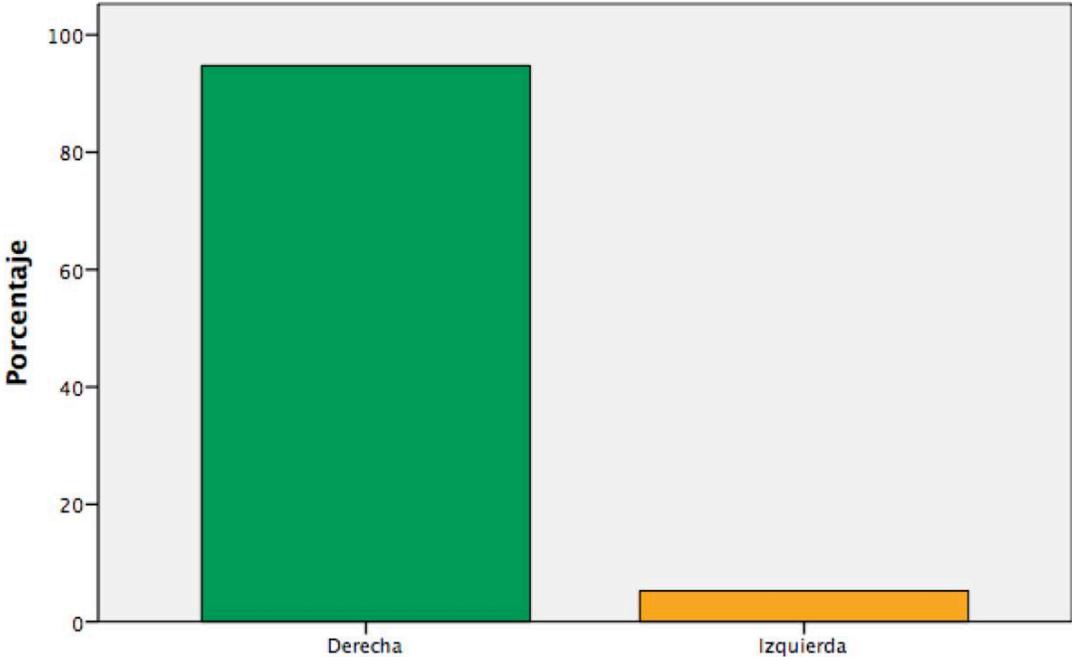
Gráfica 1 Edad por Grupos de los Participantes

### Distribución por Sexo



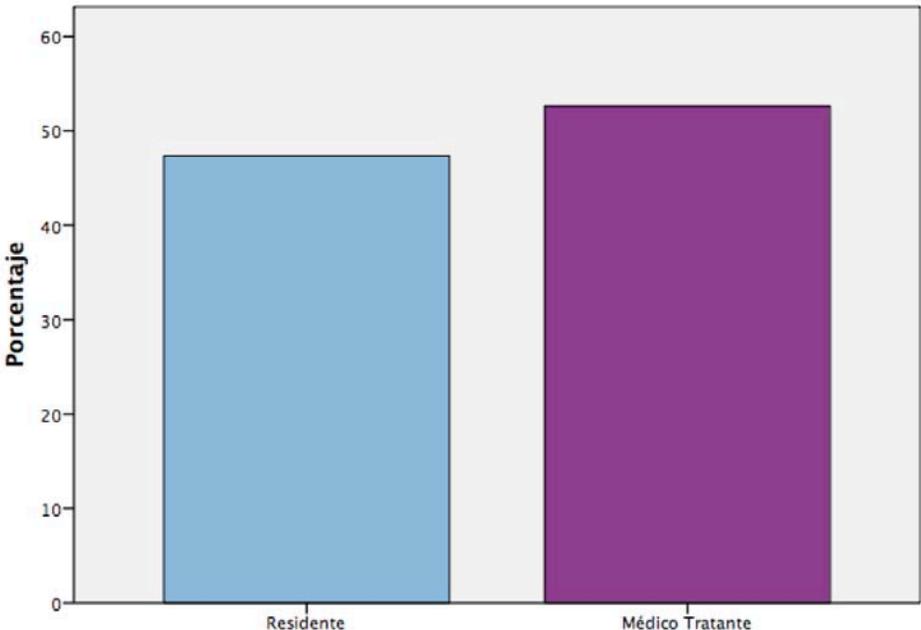
Gráfica 2 Distribución por Sexo de los Participantes

### Dominancia



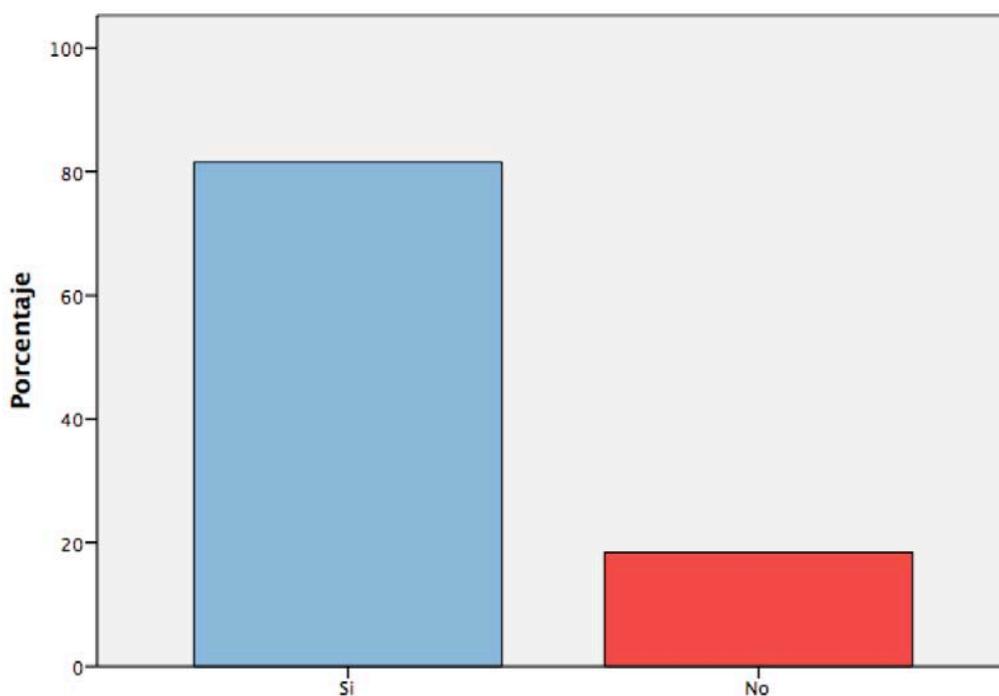
Gráfica 3 Dominancia de los Participantes

### Relación Entre Residentes y Médicos Tratantes



Gráfica 4 Relación entre Médicos Residentes y Médicos Tratantes

### Uso de Videojuegos



Gráfica 5 Uso de Videojuegos por Parte de los Participantes

En la **tabla 10** se describen las características del grupo de los médicos residentes. El 100% de los residentes refirieron gusto por la artroscopia, 22.2% fueron residentes de nuevo ingreso, , 22.2% fueron residentes de primer año, , 22.2% fueron residentes de segundo año, , 22.2% fueron residentes de tercer año y 11.1% fueron residentes de cuarto año.

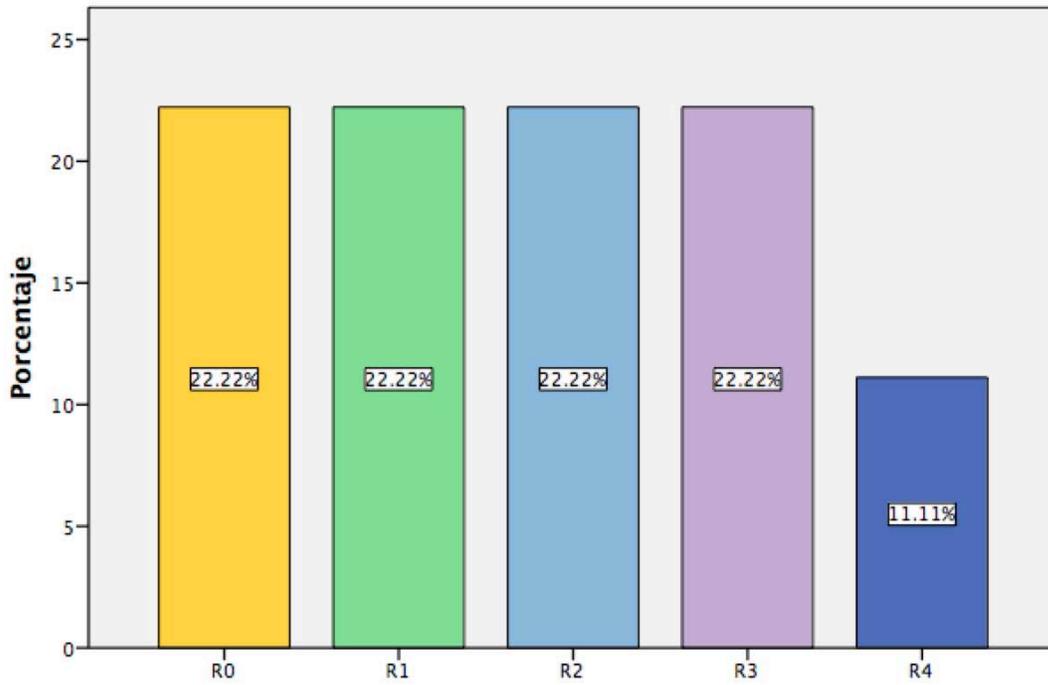
**Gráficos 6,7**

**Tabla 10. Características Exclusivas de los Médicos Residentes**

Característica	Valor
No. de Residentes "R0"	4 (22.2%)
No. de Residentes "R1"	4 (22.2%)
No. de Residentes "R2"	4 (22.2%)
No. de Residentes "R3"	4 (22.2%)
No. de Residentes "R4"	2 (11.1%)
Gusto por Artroscopia	18 (100%)

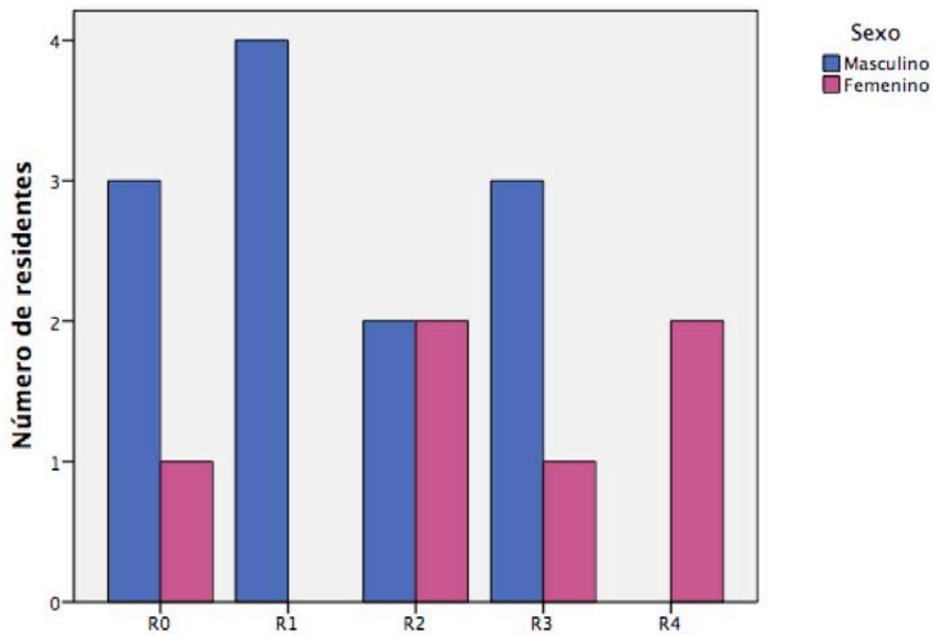
Valores presentados como Frecuencias absolutas (%)

### Distribución de Residentes



Gráfica 6 Distribución de Residentes por Jerarquía

### Distribución por Sexo de Residentes



Gráfica 7 Distribución por Sexo de Residentes

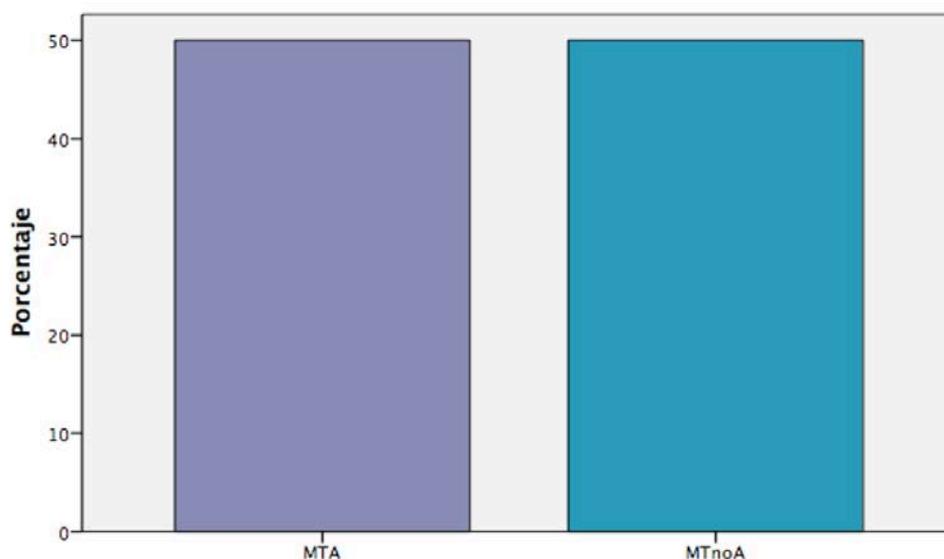
En la **tabla 11** se describen las características del grupo de los médicos tratantes. Diez fueron considerados como artroscopistas y diez como no artroscopistas. El promedio de tiempo de práctica profesional como ortopedista fueron ocho años (rango de 2 a 39). El 70% tenían una subespecialidad, 40% tenían entrenamiento en artroscopia con un tiempo de 1 a 12 meses de entrenamiento. El 20% se dedican únicamente a la artroscopia, el 30% considera que realiza más de 50 artroscopias al año, el 60% es generalmente primer cirujano y el 45% reportó ser primer ayudante. Ser primer cirujano y primer ayudante no eran mutuamente excluyentes. De todos los médicos tratantes, el 65% realizó su residencia en el Centro Médico ABC. **Gráficas 8-17**

**Tabla 11. Características Exclusivas de los Médicos Tratantes**

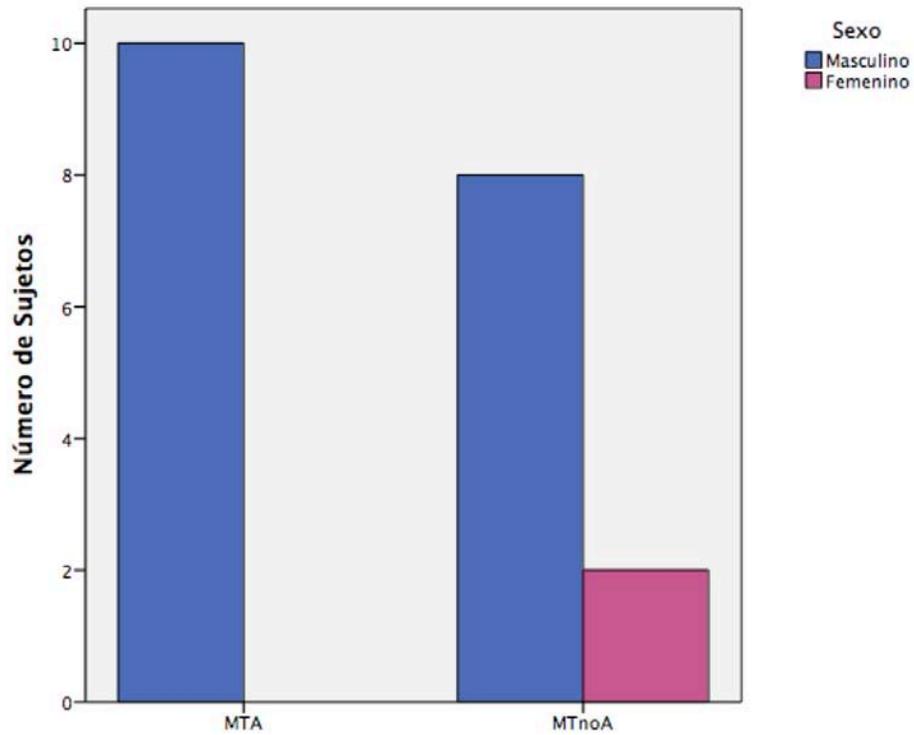
<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Años de Práctica	8 (12, 2 – 39)
Subespecialidad	14 (70%)
Entrenamiento Artroscopia	8 (40%)
Duración del Entrenamiento	0 (6, 0 – 12)
Práctica Sólo Artroscópica	4 (20%)
Realiza >50 artros / año	6 (30%)
Cirujano	12 (60%)
Ayudante	9(45%)
Residencia en CMABC	13 (65%)

Valores presentados como Mediana (RIC, min – max). Frecuencias absolutas (%)

**Distribución de Médicos Tratantes**

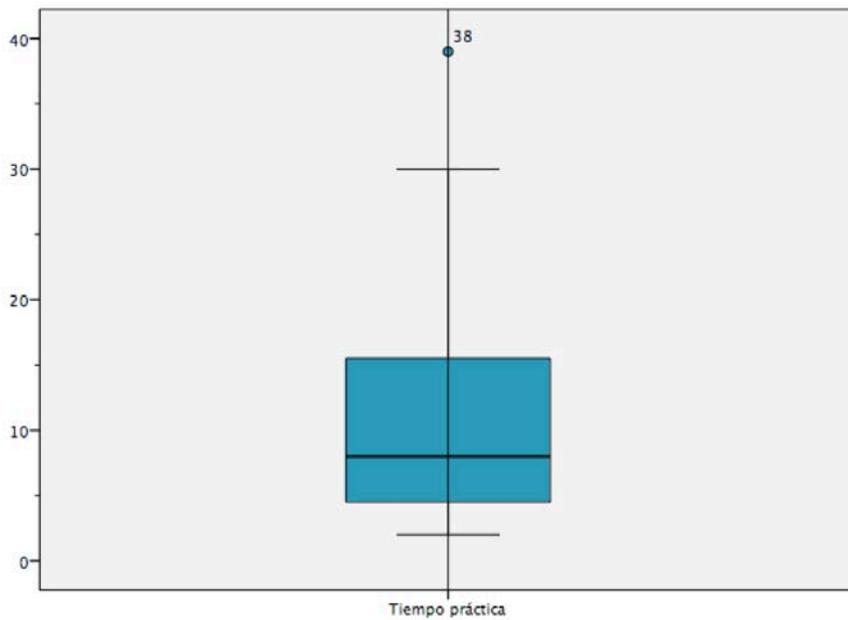


**Distribución de Médicos Tratantes por Sexo**



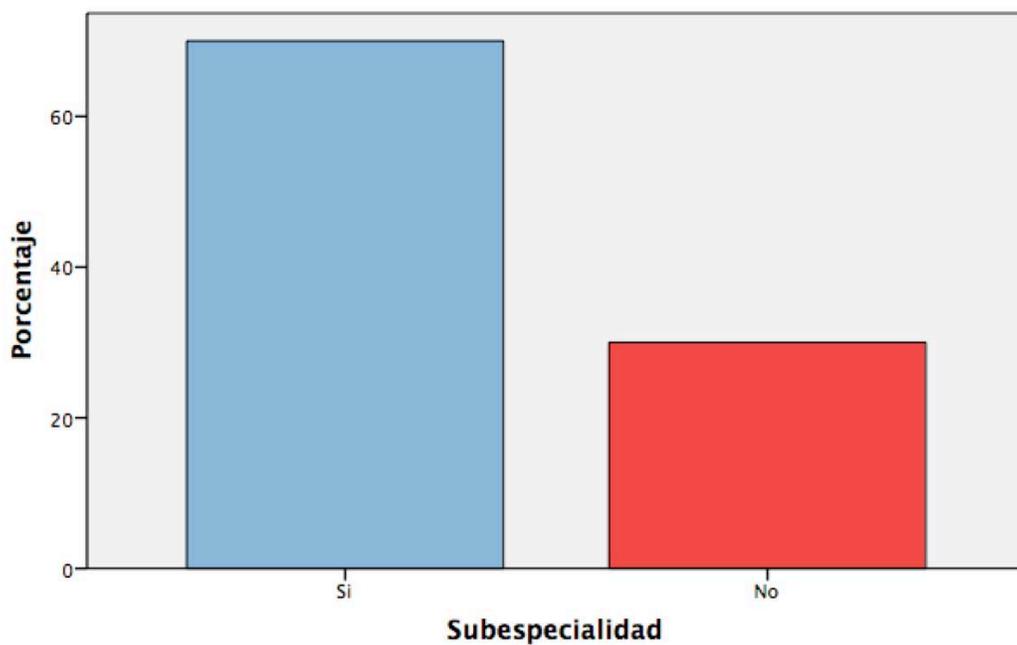
**Gráfica 9 Distribución de Médicos Tratantes por Sexo**

**Años de Práctica de Médicos Tratantes**



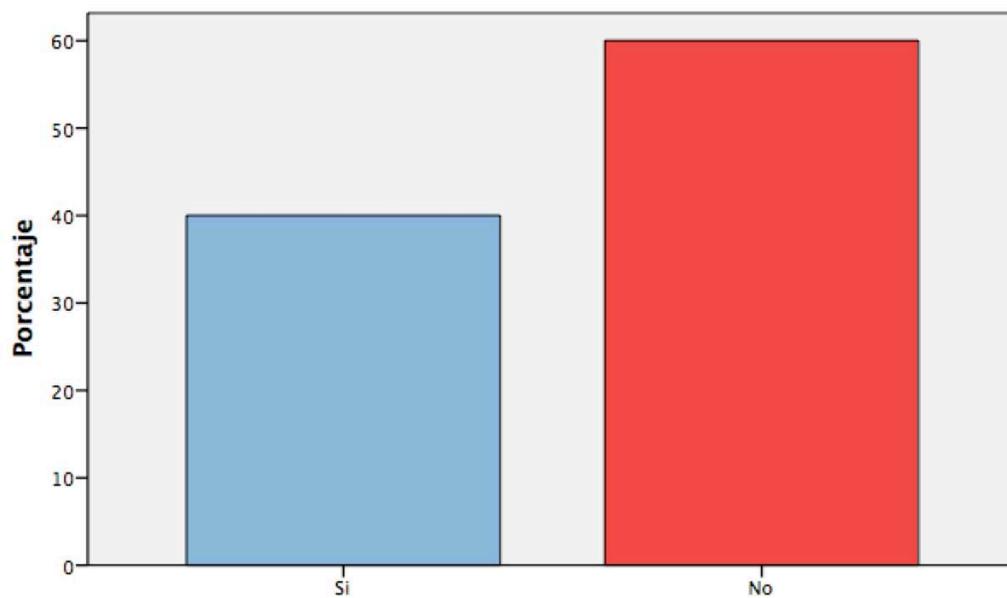
**Gráfica 10 Años de Práctica de Médicos Tratantes**

### Subespecialidad



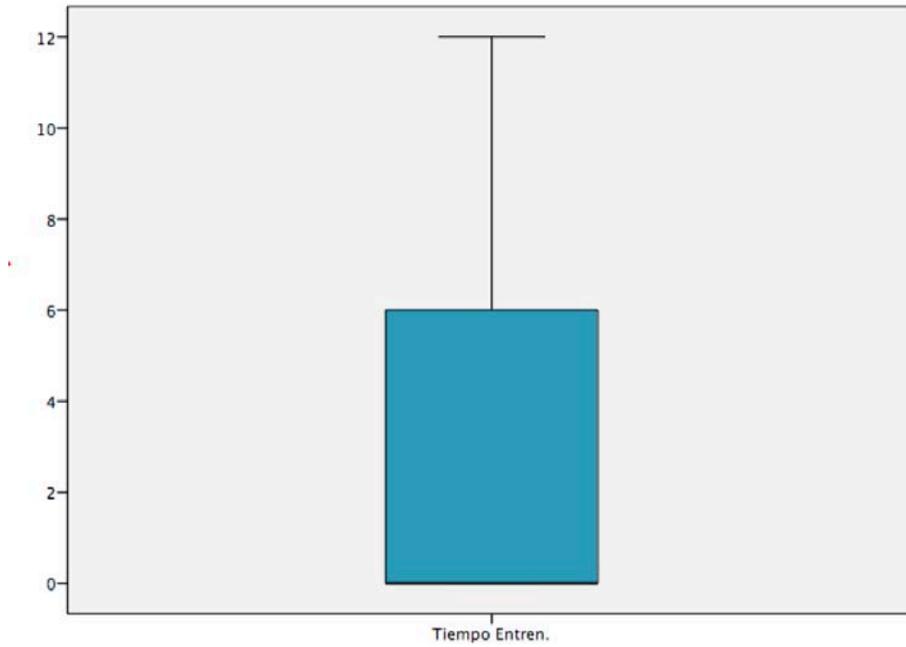
Gráfica 11 Médicos Tratantes con Subespecialidad (no necesariamente artroscopia)

### Entrenamiento en Artroscopia



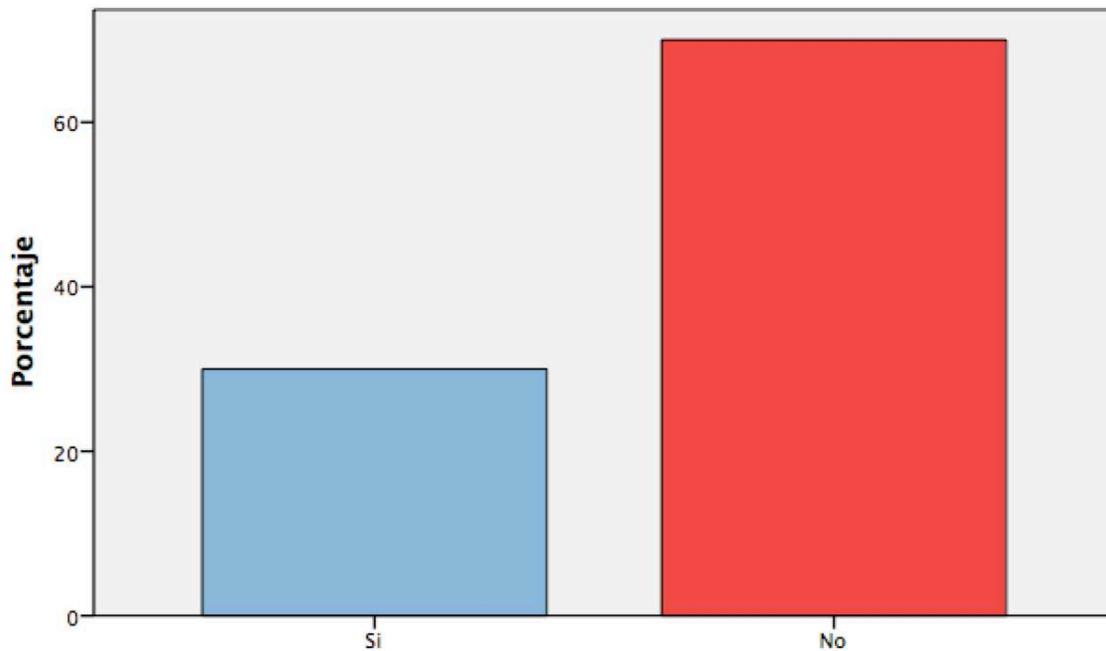
Gráfica 12 Entrenamiento Específico en Artroscopia de Médicos Tratantes

### Meses de Entrenamiento en Artroscopia de Médicos Tratantes



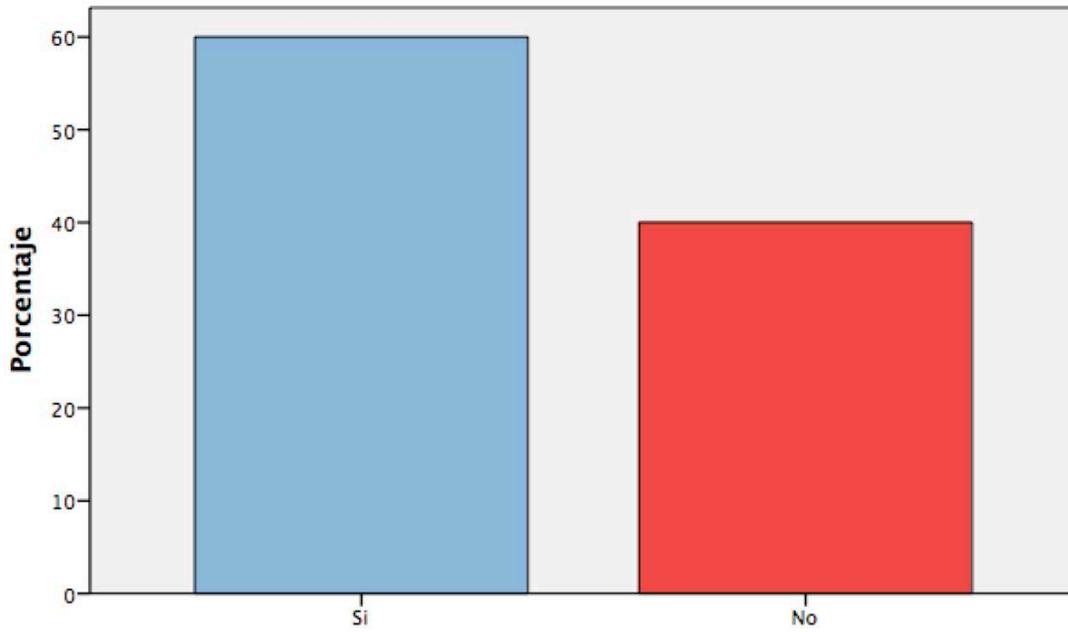
Gráfica 13 Meses de Entrenamiento en Artroscopia de Médicos Tratantes

### Más de 50 Artroscopias al Año



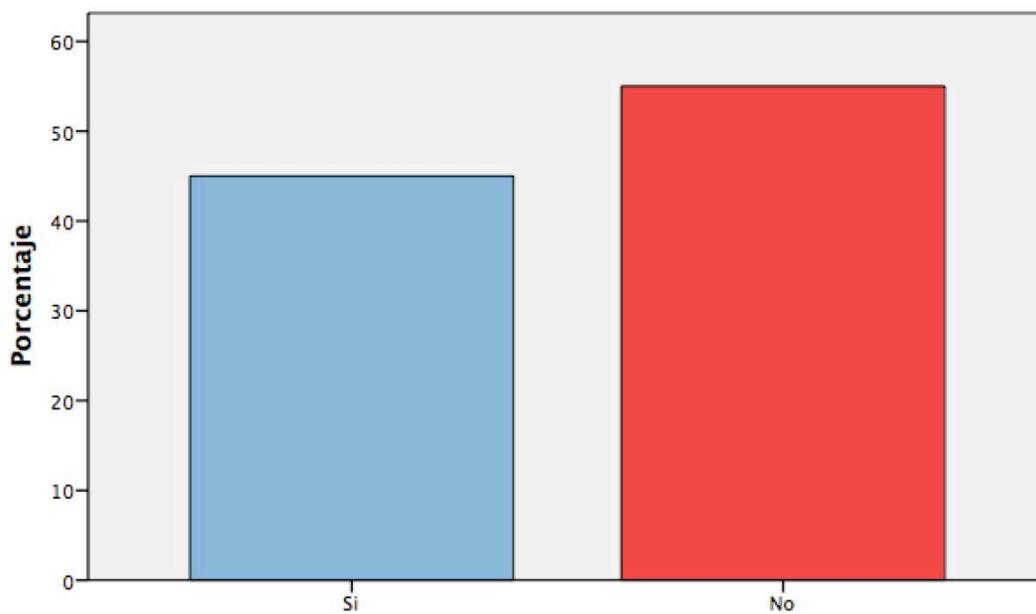
Gráfica 14 Médicos Tratantes que Realizan más de 50 Artroscopias al Año (estimado autoreportado)

### Primer cirujano



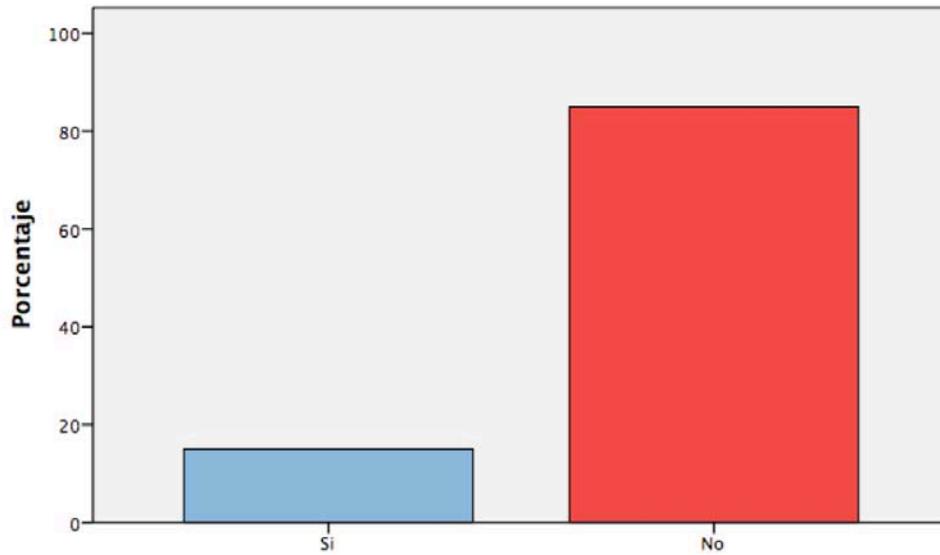
Gráfica 15 Número de Cirujanos que Realizan la mayoría de sus Artroscopias como Primer Cirujano

### Primer Ayudante



Gráfica 16 Participación como Primer Ayudante en la Mayoría de las Artroscopias de su Grupo de Trabajo

### Experiencia en Arthromentor Médicos Tratantes



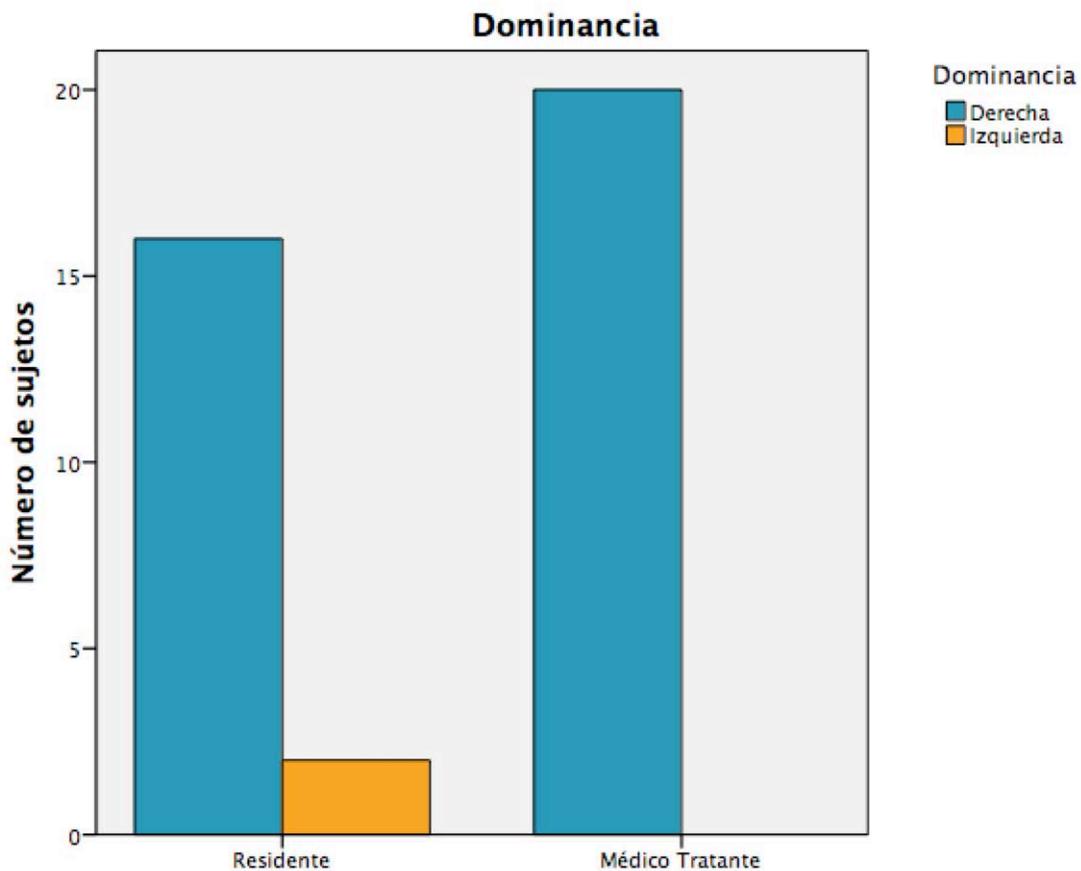
Gráfica 17 Experiencia Previa de Médicos Tratantes con Simulador

En la **tabla 12** se comparan las características de los médicos residentes y de los médicos tratantes. El promedio de edad de los residentes fue de 28 años (25-30) y el de los médicos tratantes 38 años (30-70). De los dieciocho médicos residentes, seis (33.33%) eran mujeres y doce hombres (66.66%), dieciséis (88.88%) tenían dominancia derecha y dos (11.11%) dominancia izquierda. El 55.55% tenía experiencia con el simulador. Los R0 y los R1 no tuvieron contacto previo y los R2,R3, R4 tuvieron acceso al simulador durante el año académico 2015 – 2016. El 94.44% de los médicos residentes tenía experiencia previa con videojuegos. De los veinte médicos tratantes, dos (10%) eran mujeres y 18 (90%) hombres, el 100% tenía dominancia derecha, 3 (15%) tenían experiencia con el simulador y el resto no lo conocía. El 70% tenía experiencia con videojuegos y la mayoría pertenecía al grupo de artroscopistas. **Gráficos 18-20**

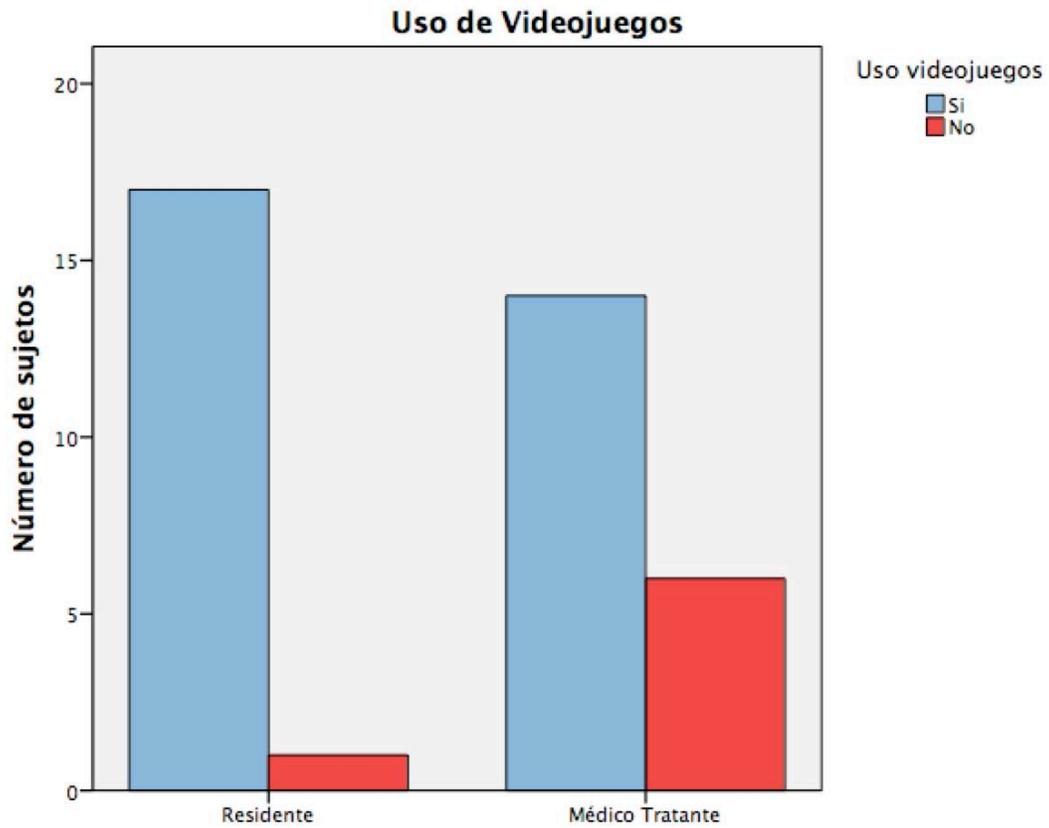
**Tabla 12. Características de los Participantes por Grupo**

Característica	Residentes	Médicos Tratantes	p*
Edad	28 (2, 25 – 30)	38 (12, 30 – 70)	<0.001
Sexo Femenino	6 (33.33%)	2 (10%)	0.078**
Sexo Masculino	12 (66.66%)	18 (90%)	
Dominancia: derecha	16 (88.88%)	20 (100%)	0.218**
Dominancia: izquierda	2 (11.11%)	0 (0%)	
Experiencia con AM	10 (55.55%)	3 (15%)	0.009**
Jugador Videojuegos	17 (94.44%)	14 (70%)	0.93**

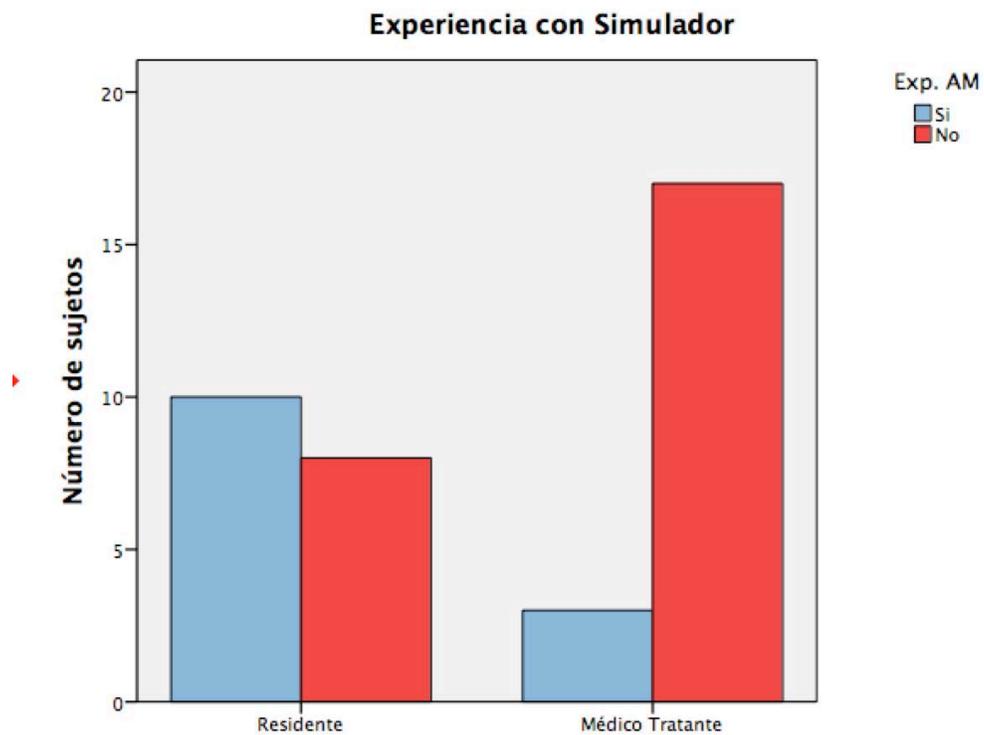
Valores presentados como Mediana (RIC, min – max). Frecuencias absolutas (%). \*U de Mann-Whitney. \*\*Prueba exacta de Fisher o Chi al cuadrado.



**Gráfica 18 Dominancia de Médicos Residentes y Médicos Tratantes**



Gráfica 19 Diferencia de Uso de Videojuegos entre Médicos Residentes y Médicos Tratantes



Gráfica 20 Uso Previo del Simulador por Médicos Residentes y Médicos Tratantes

## Resultados de los ejercicios

En la **tabla 13** se muestran los resultados de los médicos residentes y de los médicos tratantes en el primer ejercicio, artroscopia diagnóstica sin gancho palpador. El tiempo promedio de los médicos residentes y médicos tratantes en el intento fue 230 segundos (135, 118 – 648), en el segundo intento 184 segundos (114, 97 – 472), en el tercer intento 172 segundos (111, 90 – 633) y el promedio de tiempo de los tres intentos fue 207.17 (127.42, 103.67 – 198.33). La distancia promedio viajada por la cámara entre médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 1093.50 mm (1094, 506 – 4084), en el segundo intento 847 mm (933, 465 – 4686), en el tercer intento 876 mm (612, 390 – 2394) y el promedio de los tres intentos fue 1067 mm (714.83, 458.67 – 3474). La rudeza de la cámara promedio por los médicos residentes y por los médicos tratantes para el primer intento fue 19 N (36, 5 – 120), en el segundo intento 13.50 N (17, 1 – 103), en el tercer intento 13 N (15, 3 – 151) y el promedio de los tres intentos fue 17.84 N (17.25, 4.33 – 88.33). La calificación promedio de los médicos residentes y de los médicos tratantes en el primer intento fue 6.44 (1.79), en el segundo intento 7.03 (1.52), en el tercer intento 7.40 (1.13) y el promedio de los tres intentos fue 6.96 (1.09).

En la **tabla 14** se muestran los resultados de los médicos residentes y de los médicos tratantes en el segundo ejercicio, artroscopia diagnóstica con gancho palpador. El tiempo promedio de los médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 160.50 segundos (127, 86 – 624), en el segundo intento 161.50 segundos (117, 74 – 457), en el tercer intento 157 segundos (96, 68 – 546) y el promedio de los tres intentos 155.67 segundos (124.50, 78.33 – 424.67). La distancia promedio de la cámara para médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 602 mm (486, 247 – 2174), en el segundo intento 523 mm (264, 216 – 1564), en el tercer intento 479 mm (442, 59 – 2029) y el promedio de los tres intentos fue 553.17 mm (431.25, 217.33 – 1374). La rudeza promedio de los médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 7.00 N (17, 0 – 98), en el segundo intento 3.50 N (9, 0 – 126), en el tercer intento 3.50 N(6, 0- 89) y el promedio de los tres intentos fue de 17.83 N (17.25, 4.33 – 88.33). La distancia viajada por el gancho entre médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 1248 mm

(1456, 576 – 5561), en el segundo intento fue 1002.50 mm (1013, 363 – 3664), en el tercer intento fue 916 mm (1069, 275 – 4273) y el promedio de los tres intentos fue 1364.50 mm (959, 450 – 3496). La rudeza promedio del gancho entre médicos residentes y médicos tratantes en el primer intento fue 14 N (20, 3 – 92), en el segundo intento fue 6 N (9, 3 – 127), en el tercero fue 7.50 (14, 3 – 91) y el promedio de los tres intentos fue 11.84 (16.16, 3 – 60). La calificación promedio de médicos residentes y de médicos tratantes en el primer intento fue 6.85 (2.60, 2.67 – 9.39), en el segundo intento 7.95 (1.89, 3.48 – 9.42), en el tercer intento 7.75 (2.57, 2.31 – 9.62) y en promedio para los tres intentos 7.22 (2.03, 4.55 – 9.48).

**Tabla 13. Valores del “Ejercicio 1”  
Artroscopia Diagnóstica sin Gancho.**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Tiempos (s)</b>	
1	230 (135, 118 – 648)
2	184 (114, 97 – 472)
3	172 (111, 90 – 633)
Promedio (3 ejs.)	207.17 (127.42, 103.67 – 198.33)
<b>Distancias cámara (mm)</b>	
1	1093.50 (1094, 506 – 4084)
2	847 (933, 465 – 4686)
3	876 (612, 390 – 2394)
Promedio (3 ejs.)	1067 (714.83, 458.67 – 3474)
<b>Rudezas Cámara (N)</b>	
1	19 (36, 5 – 120)
2	13.50 (17, 1 – 103)
3	13 (15, 3 – 151)
Promedio (3 ejs.)	17.84 (17.25, 4.33 – 88.33)
<b>Calificaciones</b>	
1	6.44 (1.79)
2	7.03 (1.52)
3	7.40 (1.13)
Promedio (3 ejs.)	6.96 (1.09)

Valores presentados como Mediana (RIC, min – max), Media (DE)

**Tabla 14. Valores del “Ejercicio 2”  
Artroscopia Diagnóstica con Gancho**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Tiempos (s)</b>	
1	160.50 (127, 86 – 624)
2	161.50 (117, 74 – 457)
3	157 (96, 68 – 546)
Promedio (3 ejs.)	155.67 (124.50, 78.33 – 424.67)
<b>Distancias Cámara (mm)</b>	
1	602 (486, 247 – 2174)
2	523 (264, 216 – 1564)
3	479 (442, 59 – 2029)
Promedio (3 ejs.)	553.17 (431.25, 217.33 – 1374)
<b>Rudezas Cámara (N)</b>	
1	7.00 (17, 0 – 98)
2	3.50 (9, 0 – 126)
3	3.50 (6, 0- 89)
Promedio (3 ejs.)	17.83 (17.25, 4.33 – 88.33)
<b>Distancias Gancho (mm)</b>	
1	1248 (1456, 576 – 5561)
2	1002.50 (1013, 363 – 3664)
3	916 (1069, 275 – 4273)
Promedio (3 ejs.)	1364.50 (959, 450 – 3496)
<b>Rudezas Gancho (N)</b>	
1	14 (20, 3 – 92)
2	6 (9, 3 – 127)
3	7.50 (14, 3 – 91)
Promedio (3 ejs.)	11.84 (16.16, 3 – 60)
<b>Calificaciones</b>	
1	6.85 (2.60, 2.67 – 9.39)
2	7.95 (1.89, 3.48 – 9.42)
3	7.75 (2.57, 2.31 – 9.62)
Promedio (3 ejs.)	7.22 (2.03, 4.55 – 9.48)

Valores presentados como Mediana (RIC, min – max), Media (DE)

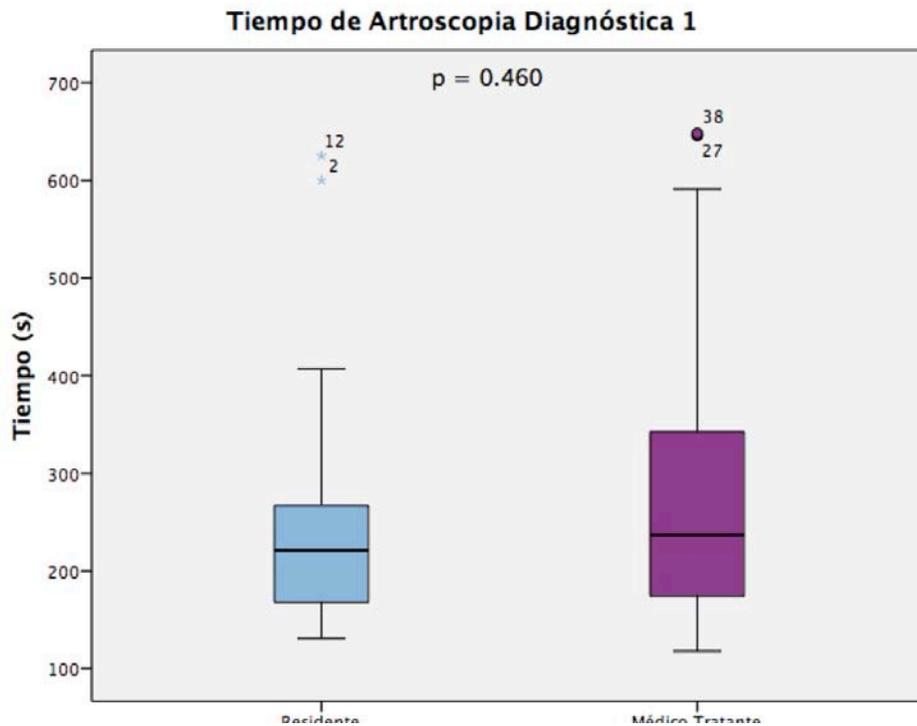
En la **tabla 15** se comparan los resultados de los médicos residentes y de los médicos tratantes en el primer ejercicio, artroscopia diagnóstica sin gancho palpador. Los tiempos para los médicos residentes fueron: en el primer intento 221 s (113, 131 – 625), para el segundo intento 166.50 s (105, 97 – 377), para el tercer intento 155.50 s (84, 342 – 244) y el promedio de los tres intentos fue 173.34 s (122.25, 119 – 415.33). Los tiempos para los médicos tratantes fueron: en el primer intento 237 s (174, 118 – 648), en el segundo intento

212 s (129, 102 – 472), en el tercer intento 188.50 s (158, 90 – 633) y el promedio de los tres intentos fue 219 s (155.42, 103.67 – 198.33). Para el primer intento  $p = 0.46$ , para el segundo intento  $p = 0.112$ , para el tercer intento  $p = 0.099$  y para el promedio  $p = 0.141$ . Las distancias de la cámara para los médicos residentes fueron: en el primer intento 1070.50 mm (913, 510 – 4018), en el segundo intento 717.50 N (947, 468 – 2550), en el tercer intento 786 N (386, 390 – 1689) y el promedio de los tres intentos fue 948.50 mm (559.66, 527.33 – 2326.33). Las distancias de la cámara para los médicos tratantes fueron: en el primer intento 1093.50 mm (1210, 506 – 4084), en el segundo intento 1018 mm (1175, 465 – 4686), en el tercer intento 935 mm (692, 405 – 2394) y el promedio de los tres intentos fue 1234.34 mm (722.92, 458.67 – 3474). Para el primer intento  $p = 0.290$ , para el segundo intento  $p = 0.553$ , para el tercer intento  $p = 0.087$  y para el promedio de los tres intentos  $p = 0.186$ . Las rudezas de la cámara para los médicos residentes fueron: para el primer intento 18 N (20, 5 – 59), para el segundo intento 20 N (30, 1 – 103), para el tercer intento 12 N (9, 1 – 151) y el promedio de los tres intentos fue 18.50 N (17.08, 4.33 – 88.33). Las rudezas de la cámara para los médicos tratantes fueron: para el primer intento 19.50 N (49, 7 – 120), para el segundo intento 12.50 N (17, 1 – 99), para el tercer intento 13.50 N (20, 6 – 85), y el promedio de los tres intentos fue 17.34 N (19.58, 8.33 – 76.67). Para el primer intento  $p = 0.251$ , para el segundo intento  $p = 0.186$ , para el tercer intento  $p = 0.828$ , para el promedio de los tres intentos  $p = 0.942$ . Las calificaciones para los médicos residentes fueron: para el primer intento 6.68 (1.90), para el segundo intento 7.01 (1.33), para el tercer intento 7.62 (0.99), el promedio de los tres intentos 7.12 (1.07). Las calificaciones para los médicos tratantes fueron : para el primer intento 6.24 (1.72), para el segundo intento 7.01 (1.71), para el tercer intento 7.19 (1.23) y el promedio de los tres intentos fue 6.82 (1.11). Para el primer intento  $p = 0.465$ , para el segundo intento  $p = 0.940$ , para el tercer intento  $p = 0.234$ , para el promedio de los tres intentos:  $p = 0.401$ . **Gráficos 21-36.**

**Tabla 15. Comparación de valores entre Médicos Residentes y Tratantes. “Ejercicio1”  
Artroscopia Diagnóstica sin Gancho.**

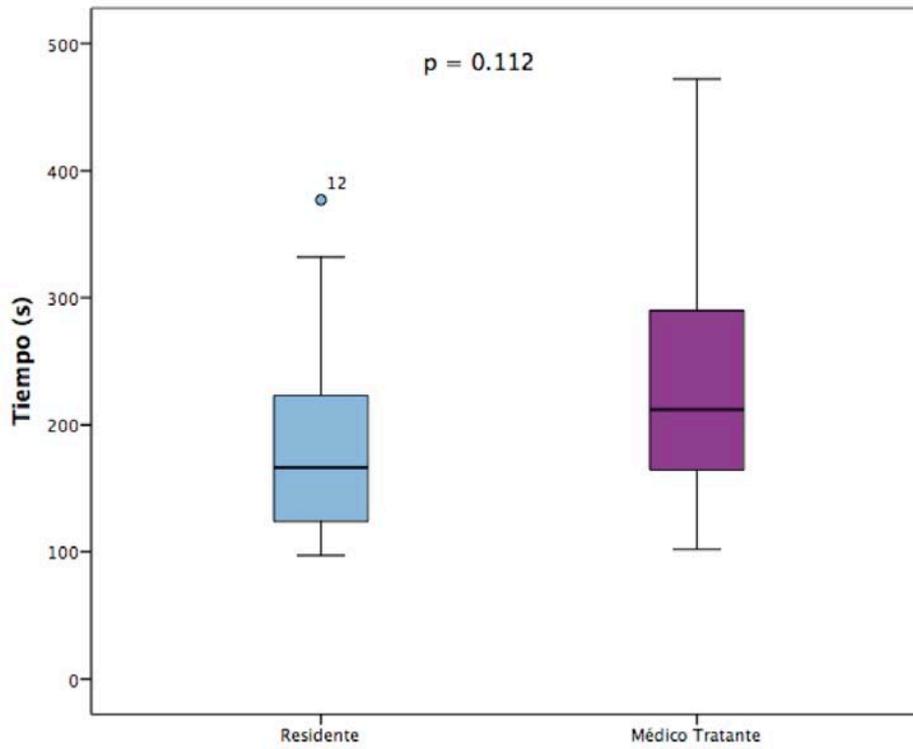
Variable	Médico Residente	Médico Tratante	Diferencia	p*
<b>Tiempos (s)</b>				
1	221 (113, 131 – 625)	237 (174, 118 – 648)	16	0.460
2	166.50 (105, 97 – 377)	212 (129, 102 – 472)	45.5	0.112
3	155.50 (84, 342 – 244)	188.50 (158, 90 – 633)	33	0.099
Promedio (3 ej.)	173.34 (122.25, 119 – 415.33)	219 (155.42, 103.67 – 198.33)	45.66	0.141
<b>Distancias Cámara (mm)</b>				
1	1070.50 (913, 510 – 4018)	1093.50 (1210, 506 – 4084)	23	0.290
2	717.50 (947, 468 – 2550)	1018 (1175, 465 – 4686)	300.5	0.553
3	786 (386, 390 – 1689)	935 (692, 405 – 2394)	149	0.087
Promedio (3 ej.)	948.50 (559.66, 527.33 – 2326.33)	1234.34 (722.92, 458.67 – 3474)	294.84	0.186
<b>Rudezas Cámara (N)</b>				
1	18 (20, 5 – 59)	19.50 (49, 7 – 120)	1.5	0.251
2	20 (30, 1 – 103)	12.50 (17, 1 – 99)	7.5	0.186
3	12 (9, 1 - 151)	13.50 (20, 6 – 85)	1.5	0.828
Promedio (3 ej.)	18.50 (17.08, 4.33 – 88.33)	17.34 (19.58, 8.33 – 76.67)	1.16	0.942
<b>Calificaciones</b>				
1	6.68 (1.90)	6.24 (1.72)	0.43 (-0.76 – 1.62)	0.465
2	7.01 (1.33)	7.01 (1.71)	0.38 (-0.98 – 1.05)	0.940
3	7.62 (0.99)	7.19 (1.23)	0.44 (-0.39 – 1.19)	0.234
Promedio (3 ej.)	7.12 (1.07)	6.82 (1.11)	0.30 (-0.42 – 1-03)	0.401

Valores presentados como Media (DE), Mediana (RIC, min – max). Diferencias en medianas o medias (IC<sub>95%</sub>) como valor absoluto. \* U de Mann-Whitney, t de Student.



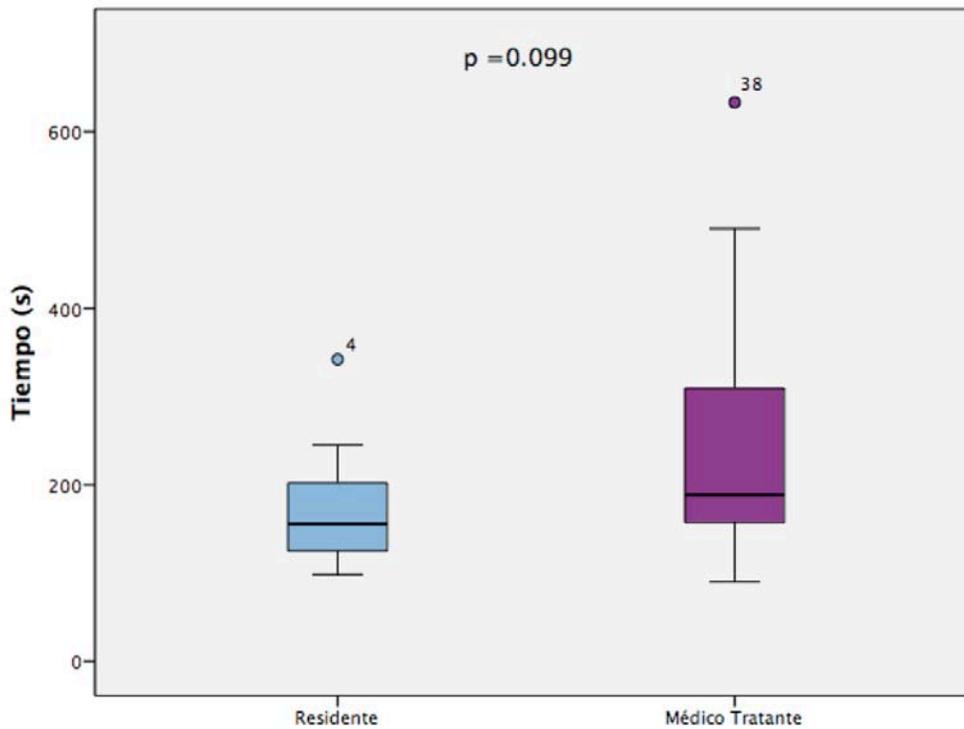
**Gráfica 21 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador 1**

**Tiempo de Artroscopia Diagnóstica 2**



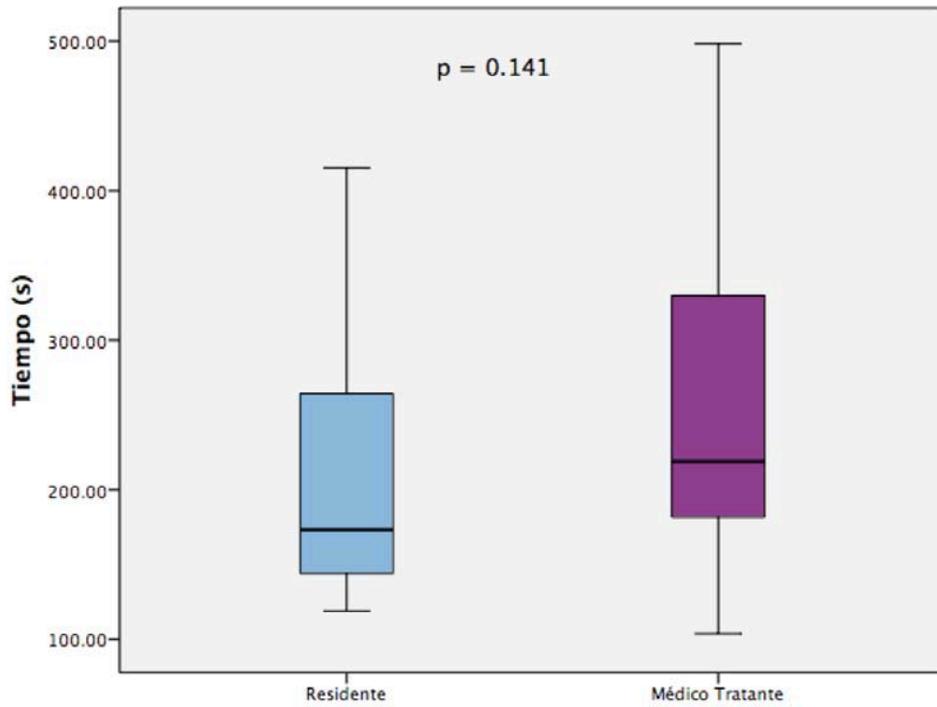
**Gráfica 22 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador 2**

**Tiempo Artroscopia Diagnóstica 3**



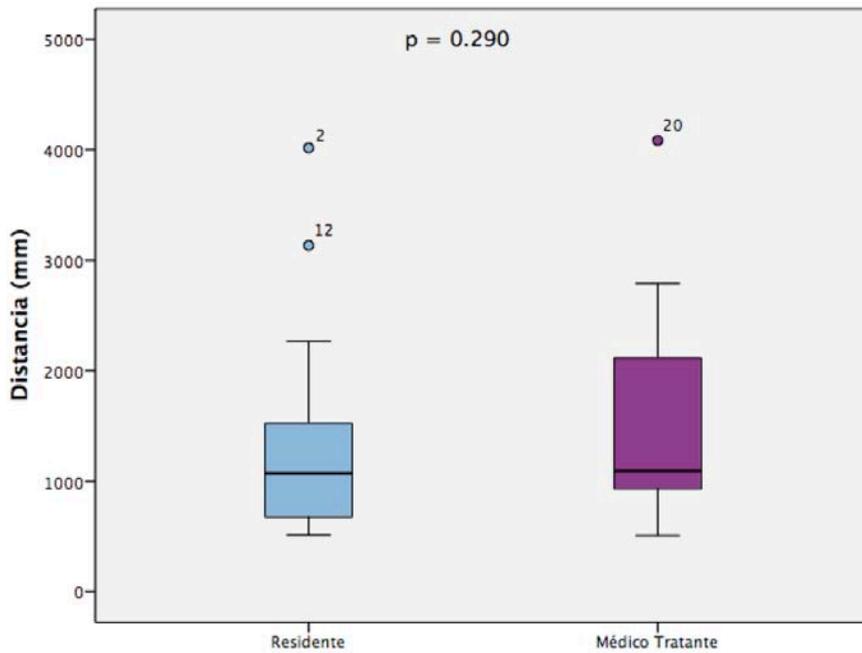
**Gráfica 23 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador 3**

Promedio Tiempo Artroscopia Diagnóstica



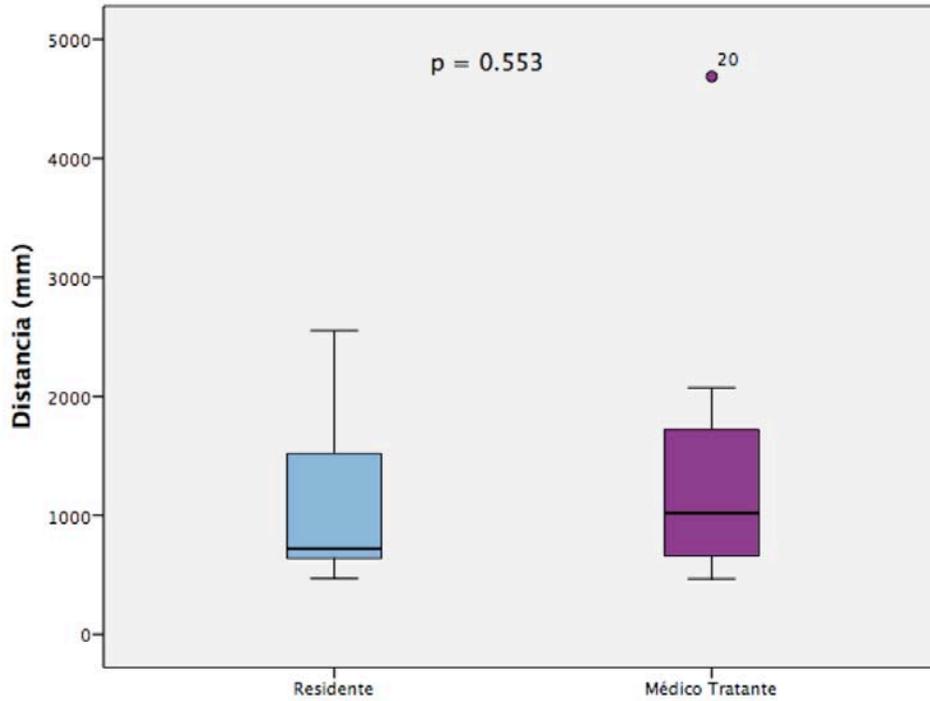
Gráfica 24 Promedio de Tiempo de Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador

Distancia Viajada por Cámara 1



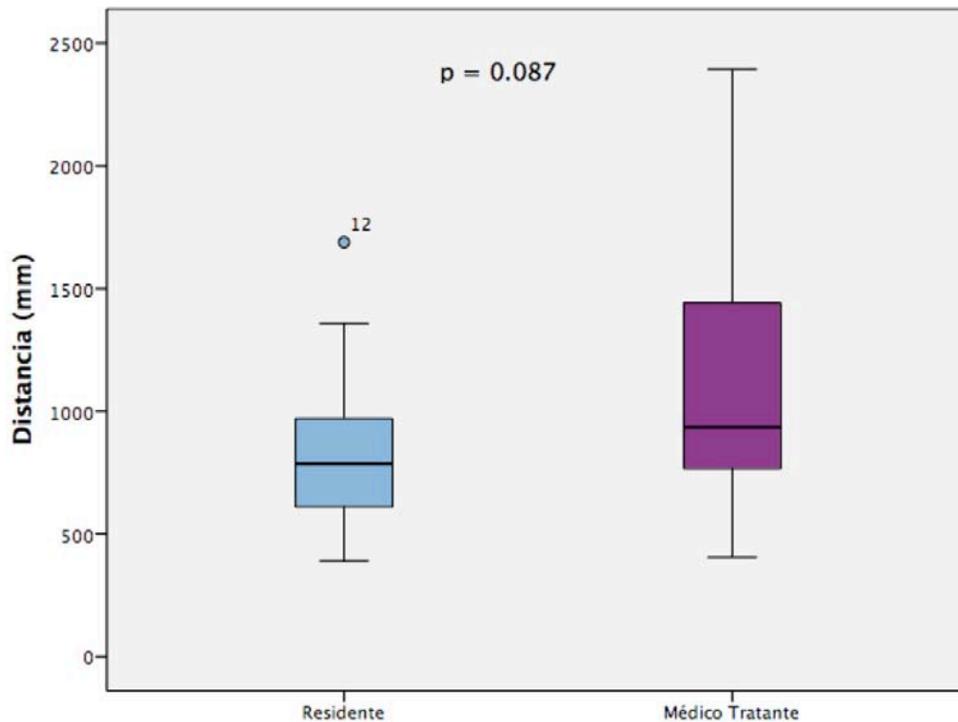
Gráfica 25 Distancia Viajada por la Cámara 1 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador

**Distancia Viajada por Cámara 2**

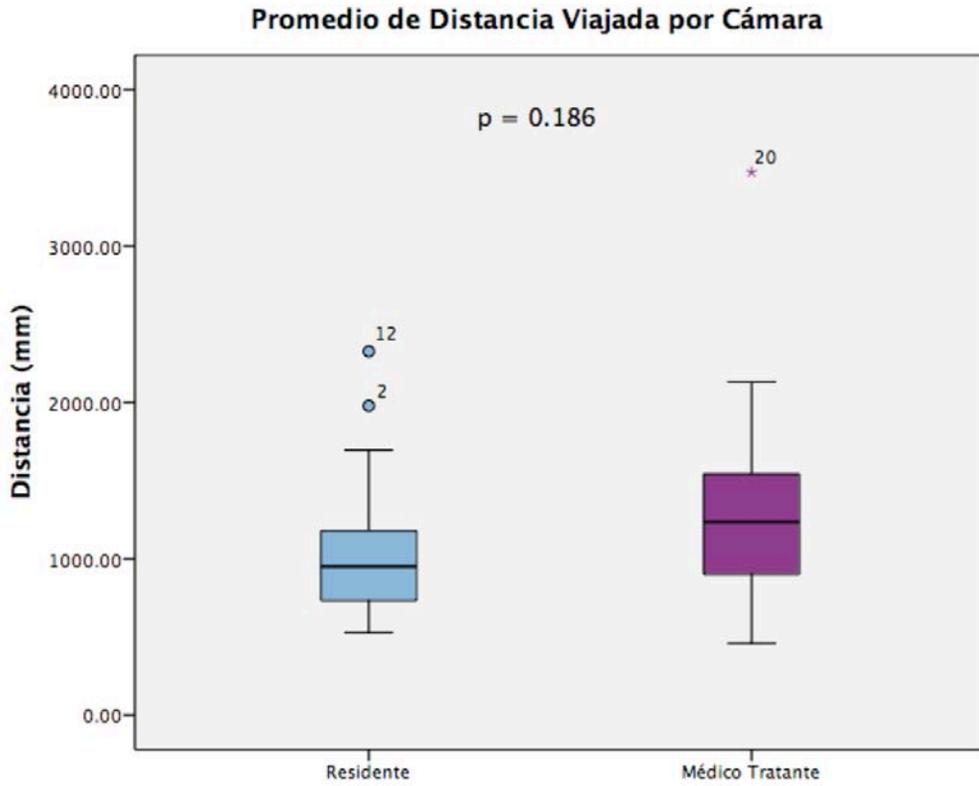


**Gráfica 26 Distancia Viajada por la Cámara 2 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador**

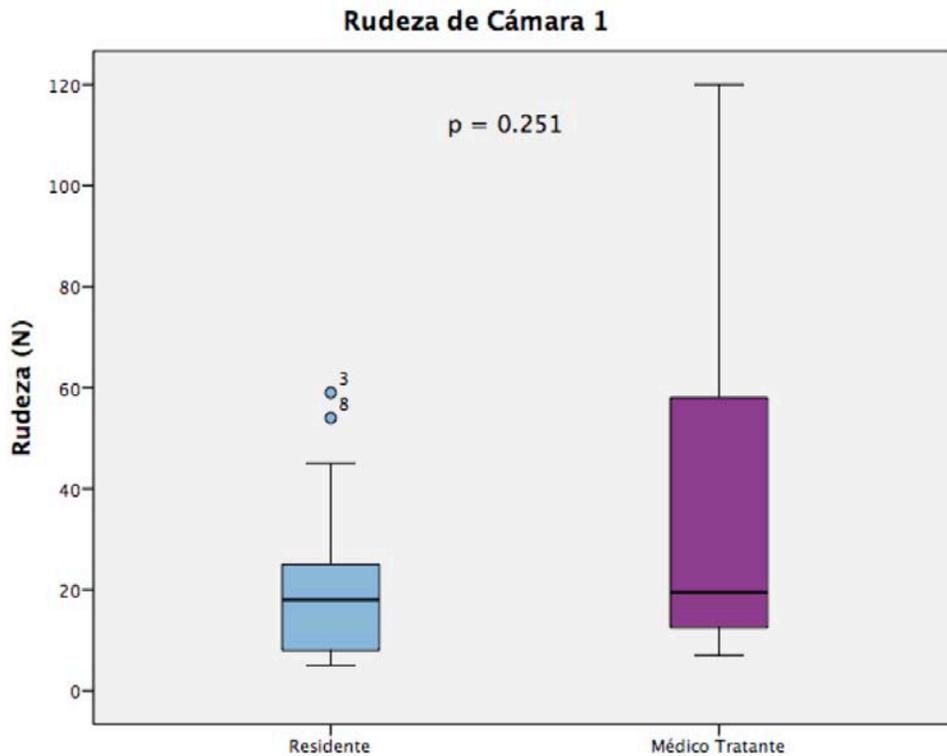
**Distancia Viajada por Cámara 3**



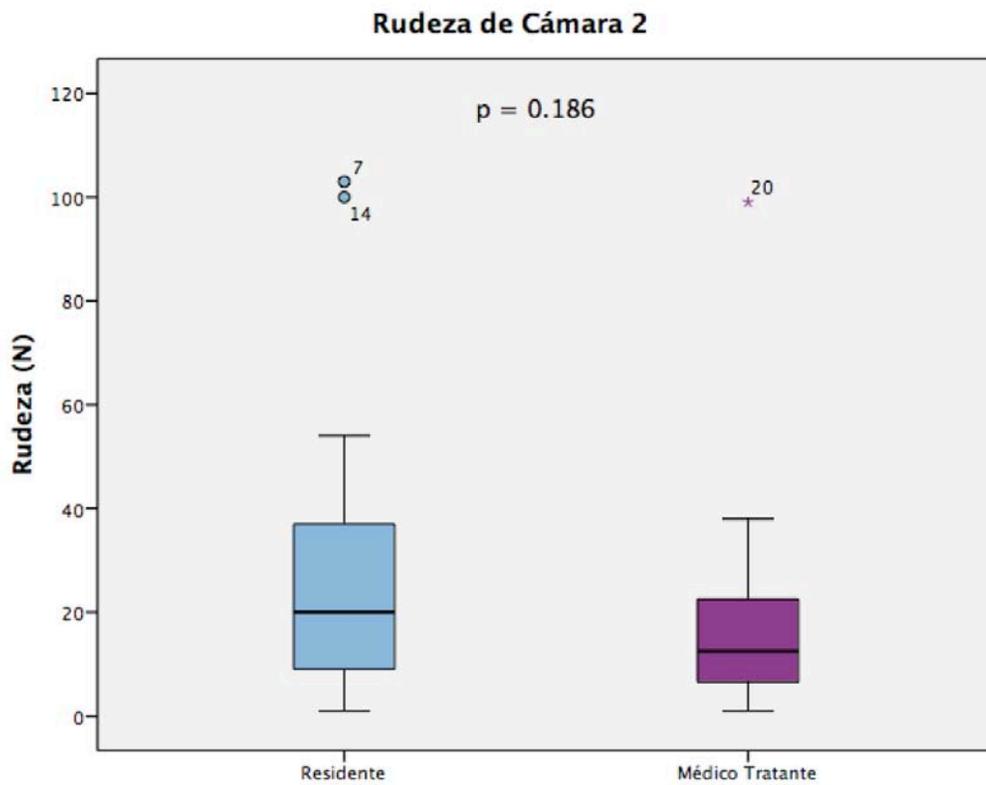
**Gráfica 27 Distancia Viajada por la Cámara 3 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador**



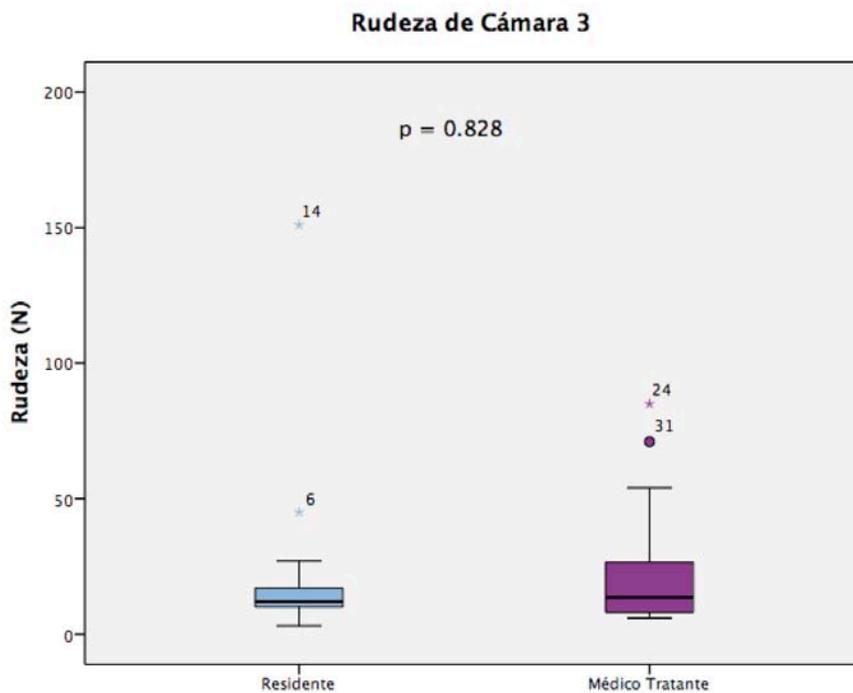
Gráfica 28 Promedio de la Distancia Viajada por la Cámara en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



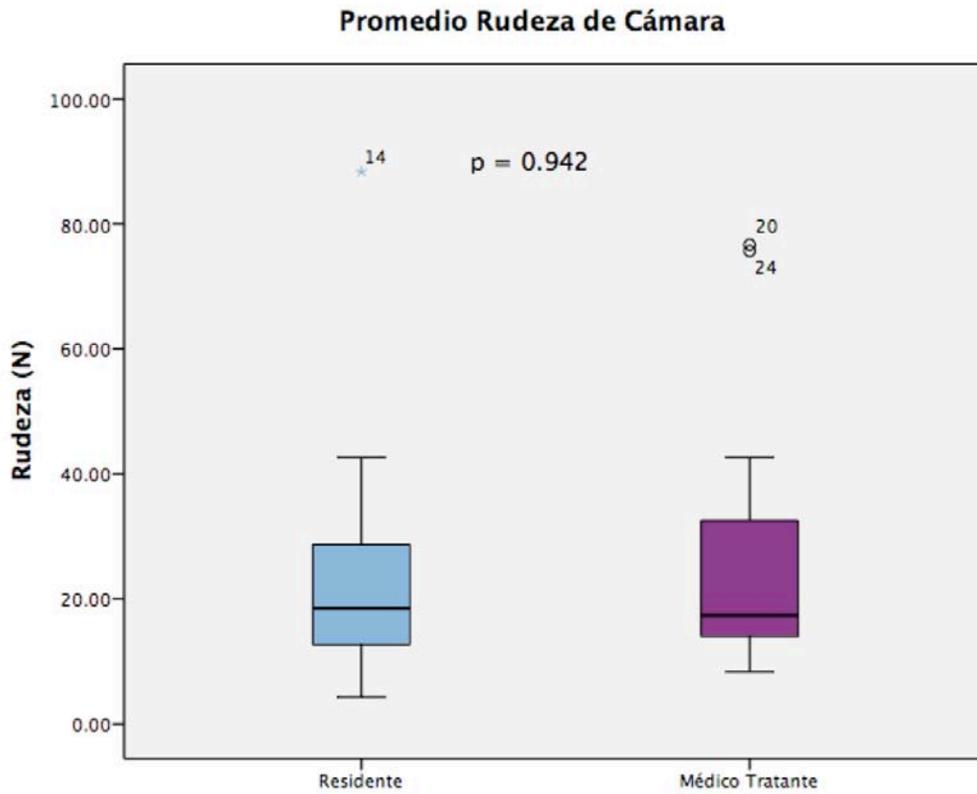
Gráfica 29 Rudeza de la Cámara 1 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



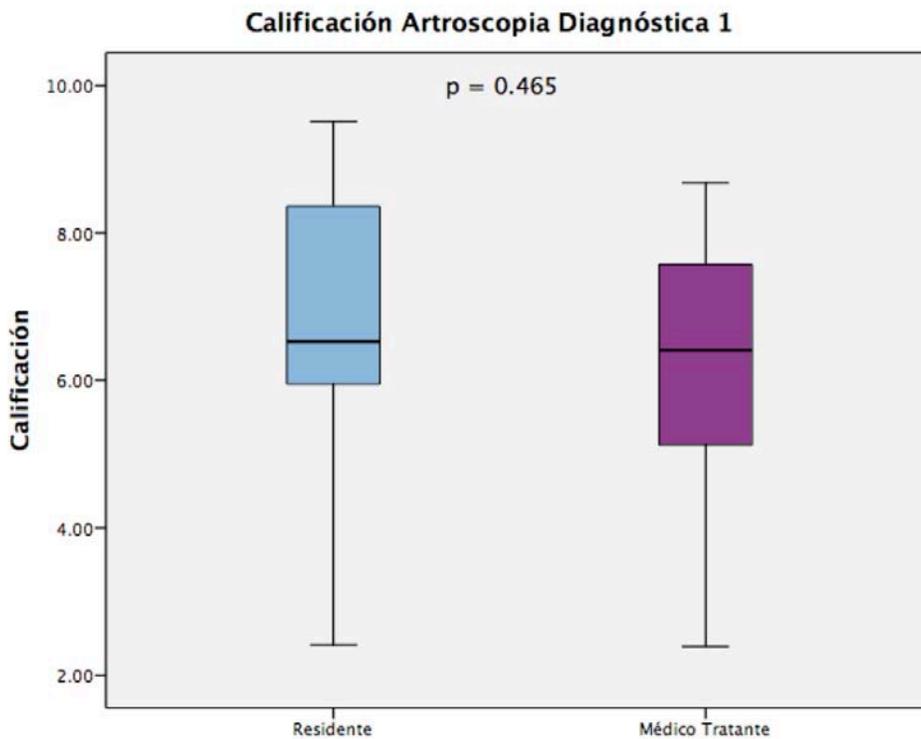
Gráfica 30 Rudeza de la Cámara 2 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



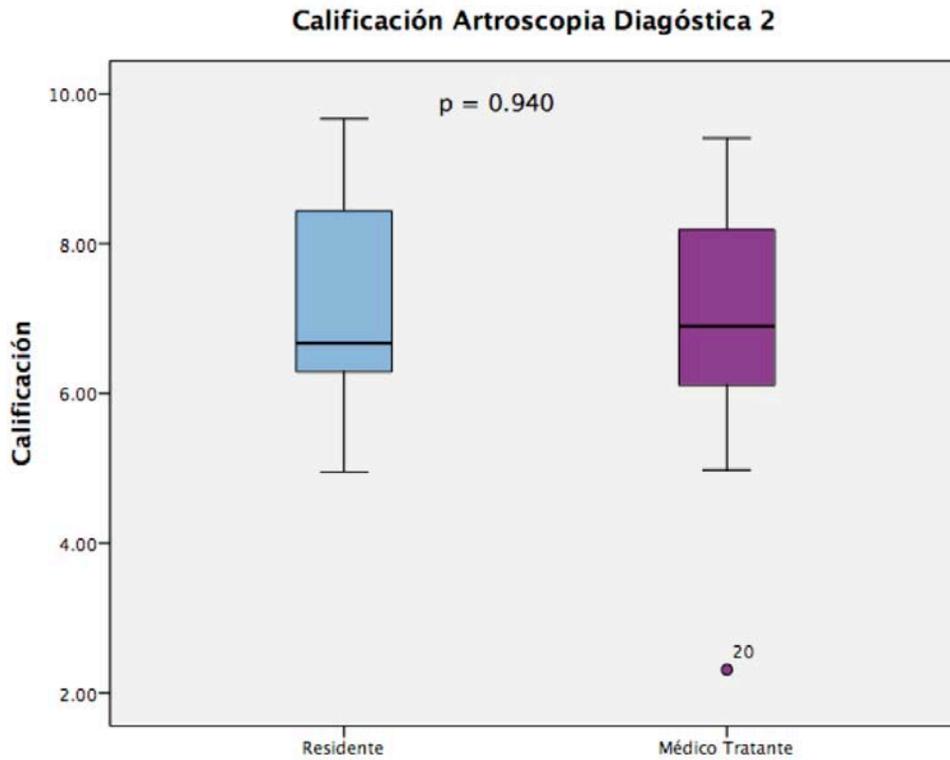
Gráfica 31 Rudeza de la Cámara 3 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



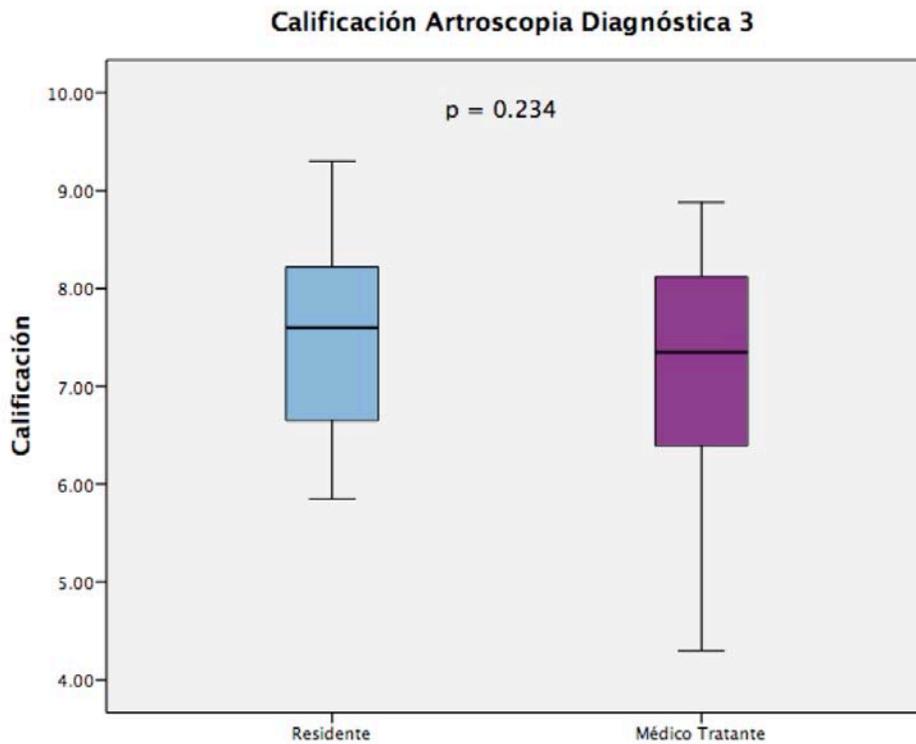
Gráfica 32 Promedio de la Rudeza de la Cámara en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



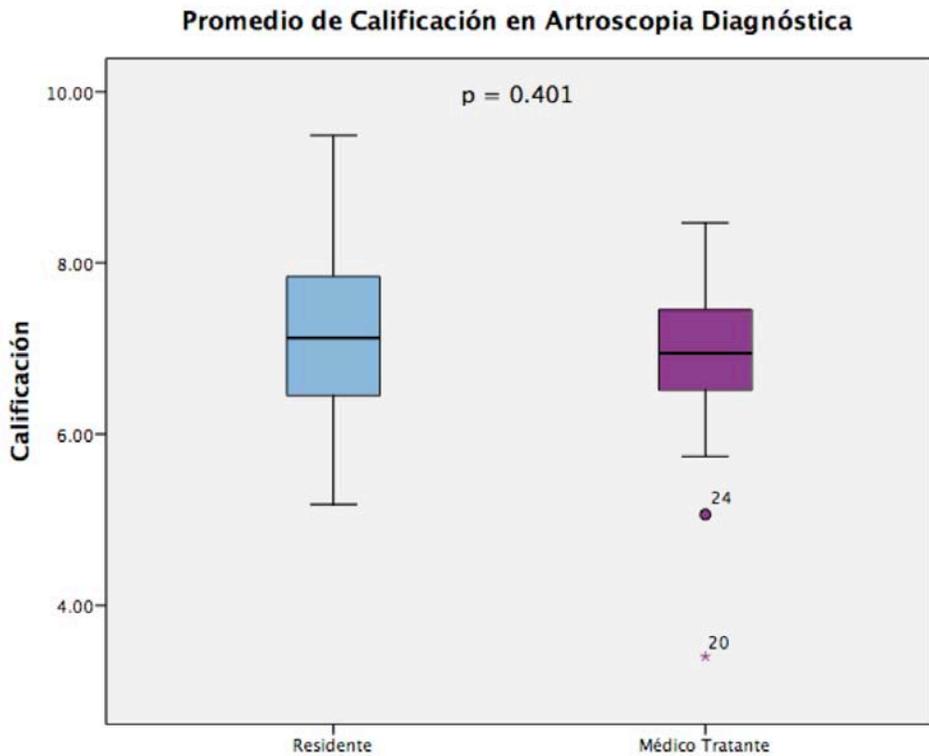
Gráfica 33 Calificación de Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador 1 en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador



**Gráfica 34** Calificación de Artroscofia Diagnóstica sin Gancho Palpador 2 en Artroscofia Diagnóstica sin Gancho Palpador



**Gráfica 35** Calificación de Artroscofia Diagnóstica sin Gancho Palpador 3 en Artroscofia Diagnóstica sin Gancho Palpador



Gráfica 36 Promedio de Calificación en Artroscopia Diagnóstica sin Gancho Palpador

En la **tabla 16** se comparan los resultados de los médicos residentes y de los médicos tratantes en el segundo ejercicio, artroscopia diagnóstica con gancho palpador. El tiempo promedio de los residentes para el primer intento fue 181 s (163, 93 – 571), para el segundo intento 167.50 s (83, 74 – 316), para el tercer intento 171.50 s (102, 68 – 467), el promedio de los tres intentos fue 185.34 s (124.26, 78.33 – 417.67). El tiempo promedio para los médicos tratantes fue: en el primer intento 155 s (108, 86 – 624), en el segundo intento 148 s (141, 76 – 457), en el tercer intento 137.50 s (114, 80 – 546) y el promedio de los tres intentos fue 137.67 s (123.17, 94.67 – 424.67). Para el primer intento  $p = 0.409$ , para el segundo intento  $p = 0.633$ , para el tercer intento  $p = 0.942$ , para el promedio  $p = 0.409$ . Las distancias viajadas por la cámara para los médicos residentes en el primer intento fueron 646 mm (468, 247 – 1778), para el segundo intento 534 mm (374, 216 – 1564), para el tercer intento 436.50 mm (523, 59 – 1177) y el promedio de los tres intentos fue 533.84 mm (415.83, 217.33 – 1001). Las distancias viajadas por la cámara para los médicos tratantes fueron: para el primer intento 476.50 mm (564, 253 – 2174), para el segundo intento 511.50 mm (164, 236 – 1088), para el tercer intento 490.50 mm (443, 258 – 2029) y

el promedio de los tres intentos fue 576.67 (427.17, 296.33 – 1374). Para el primer intento  $p = 0.496$ , para el segundo intento  $p = 0.851$ , para el tercer intento  $p = 0.276$  y para el promedio de los tres intentos  $p = 0.988$ . Las rudezas de la cámara para los médicos residentes fueron: para el primer intento 5.50 N (18, 0 – 81), para el segundo intento 4.50 N (9, 0 – 126), para el tercer intento 2 N (5, 0 – 38) y el promedio de los tres intentos fue 5 N (16.09, 0.33 – 46.33). Las rudezas de la cámara para los médicos tratantes fueron: para el primer intento 8 N (16, 0 – 98), para el segundo intento 3 N (10, 0 – 39), para el tercer intento 4 N (10, 0 – 89) y el promedio de los tres intentos fue 5.67 N (1.83, 0.67 – 42.67). Para el primer intento  $p = 0.897$ , para el segundo intento  $p = 0.426$ , para el tercer intento  $p = 0.063$  y para el promedio  $p = 0.654$ . Las distancias viajadas por el gancho para los médicos residentes fueron: para el primer intento 1549.50 mm (1477, 591 – 5174), para el segundo intento 1045 mm (1089, 363 – 2823), para el tercer intento 983.50 mm (1663, 275 – 4273) y el promedio de los tres intentos fue 1577 mm (1055, 450 – 2747). Las distancias viajadas por el gancho para los médicos tratantes fueron: para el primer intento 1918 mm (821, 576 – 5561), para el segundo intento 1002.50 mm (822, 501 – 3664), para el tercer intento 906.50 mm (767, 520 – 2555) y el promedio de los tres intentos fue 1034.67 mm (890, 667 – 3496). Para el primer intento  $p = 0.133$ , para el segundo intento  $p = 0.593$ , para el tercer intento  $p = 0.696$ , para el promedio de los tres intentos  $p = 0.158$ . Las rudezas del gancho para los médicos residentes fueron: para el primer intento 14 N (33, 3 – 92), para el segundo intento 5.50 N (9, 3 – 127), para el tercer intento 11 N (18, 3 – 43) y el promedio de los tres intentos fue 16.34 N (17.59, 3 – 60). Las rudezas del gancho para los médicos tratantes fueron 14 N (16, 3 – 72), para el segundo intento 7.50 N (11, 3 – 75), para el tercer intento 5.50 N (8, 3 – 91) y el promedio de los tres intentos fue 11.50 N (15.17, 4.67 – 35.33). Para el primer intento  $p = 0.919$ , para el segundo intento  $p = 0.897$ , para el tercer intento  $p = 0.099$ , para el promedio de los tres intentos  $p = 0.443$ . Las calificaciones para los médicos residentes fueron: en el primer intento 6.21 (2.09), en el segundo intento 7.32 (1.84), en el tercer intento 7.27 (1.57) y el promedio fue 6.93 (1.32). Las calificaciones para los médicos tratantes fueron: para el primer intento 6.54 (1.77), para el segundo intento 7.53 (1.29), para el tercer intento 7.51 (2.04) y el promedio fue 7.20 (1.33). Para el primer intento  $p = 0.601$ , para el segundo intento  $p = 0.682$ , para el tercer intento  $p = 0.687$  y para el promedio  $p = 0.549$ . **Gráficas 37 - 45**

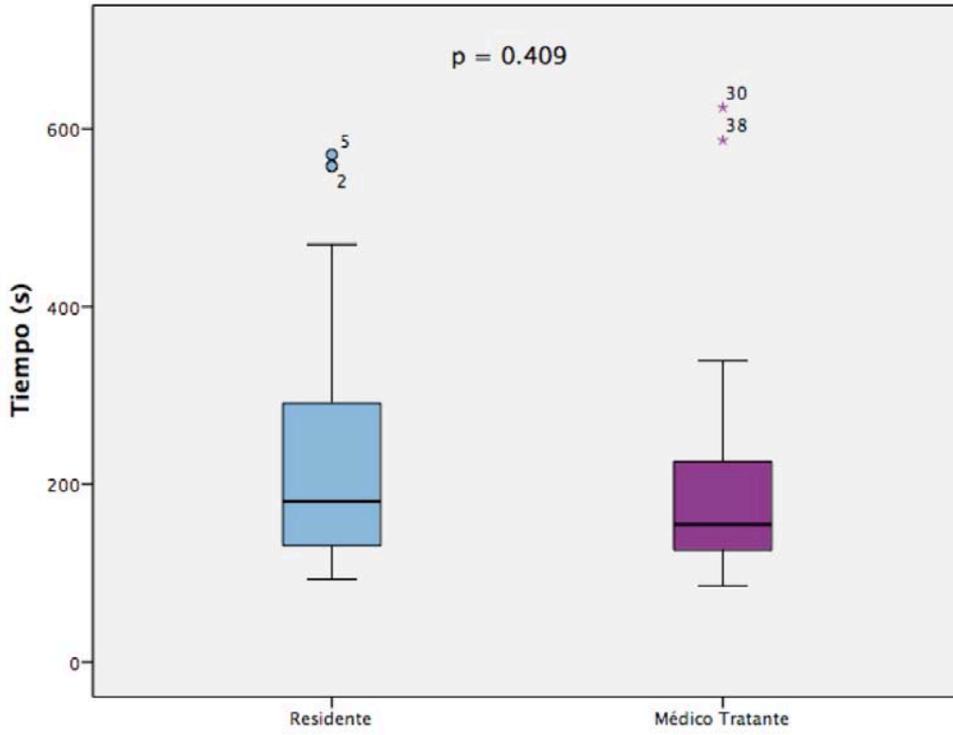
**Tabla 16. Comparación de valores entre Médicos Residentes y Tratantes.  
“Ejercicio 2”**

**Artroscopia Diagnóstica con Gancho**

Variable	Médico Residente	Médico Tratante	Diferencia	p*
<b>Tiempos (s)</b>				
1	181 (163, 93 – 571)	155 (108, 86 – 624)	26	0.409
2	167.50 (83, 74 – 316)	148 (141, 76 – 457)	19.5	0.633
3	171.50 (102, 68 – 467)	137.50 (114, 80 – 546)	34	0.942
<u>Promedio (3 ej.)</u>	185.34 (124.26, 78.33 – 417.67)	137.67 (123.17, 94.67 – 424.67)	47.67	0.409
<b>Distancias Cámara (mm)</b>				
1	646 (468, 247 – 1778)	476.50 (564, 253 – 2174)	169.5	0.496
2	534 (374, 216 – 1564)	511.50 (164, 236 – 1088)	22.5	0.851
3	436.50 (523, 59 – 1177)	490.50 (443, 258 – 2029)	54	0.276
<u>Promedio (3 ej.)</u>	533.84 (415.83, 217.33 – 1001)	576.67 (427.17, 296.33 – 1374)	42.83	0.988
<b>Rudezas Cámara (N)</b>				
1	5.50 (18, 0 – 81)	8 (16, 0 – 98)	26	0.897
2	4.50 (9, 0 – 126)	3 (10, 0 – 39)	1.50	0.426
3	2 (5, 0 – 38)	4 (10, 0 – 89)	2	0.063
<u>Promedio (3 ej.)</u>	5 (16.09, 0.33 – 46.33)	5.67 ( 21.83, 0.67 – 42.67)	0.67	0.654
<b>Distancias Gancho (mm)</b>				
1	1549.50 (1477, 591 – 5174)	1918 (821, 576 – 5561)	368.50	0.133
2	1045 (1089, 363 – 2823)	1002.50 (822, 501 – 3664)	42.50	0.593
3	983.50 (1663, 275 – 4273)	906.50 (767, 520 – 2555)	77	0.696
<u>Promedio (3 ej.)</u>	1577 (1055, 450 – 2747)	1034.67 (890, 667 – 3496)	542.33	0.158
<b>Rudezas Gancho (N)</b>				
1	14 (33, 3 – 92)	14 (16, 3 – 72)	0	0.919
2	5.50 (9, 3 – 127)	7.50 (11, 3 – 75)	2	0.897
3	11 (18, 3 – 43)	5.50 (8, 3 – 91)	5.5	0.099
<u>Promedio (3 ej.)</u>	16.34 (17.59, 3 – 60)	11.50 (15.17 , 4.67 – 35.33)	4.84	0.443
<b>Calificaciones</b>				
1	6.21 (2.09)	6.54 (1.77)	0.33 ( -1.60 – 0.94)	0.601
2	7.32 (1.84)	7.53 (1.29)	0.21 ( -1.25 – 0.83)	0.682
3	7.27 (1.57)	7.51 (2.04)	0.24 (-1.45 – 0.97)	0.687
<u>Promedio (3 ej.)</u>	6.93 (1.32)	7.20 (1.33)	0.26 ( -1.13 – 0.61)	0.549

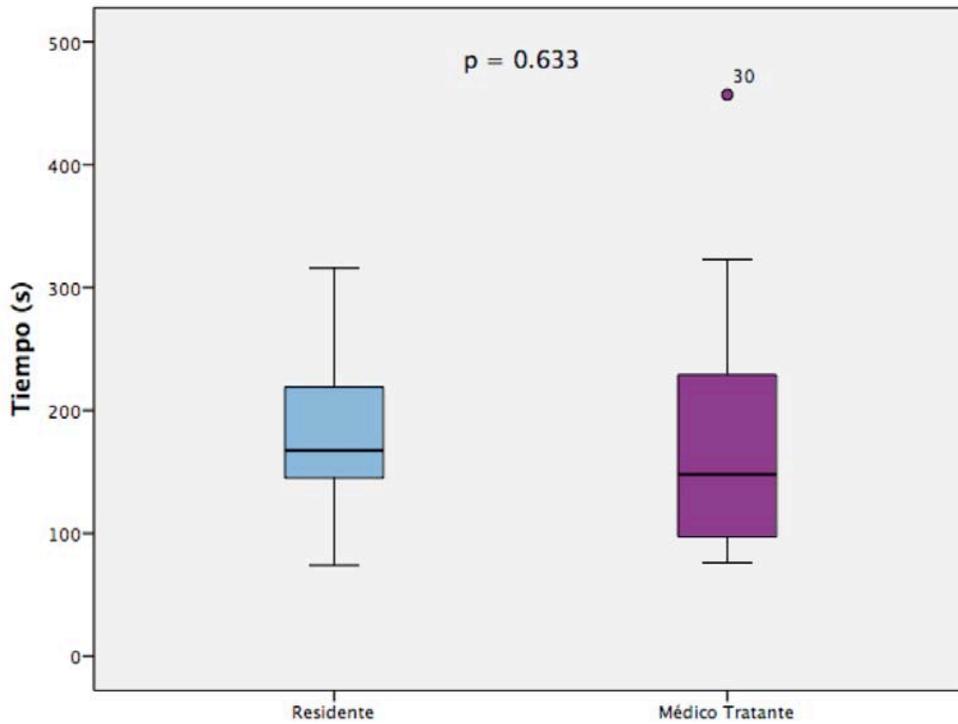
Valores presentados como Media (DE), Mediana (RIC, min – max). Diferencias en medianas o medias (IC<sub>95%</sub>) como valor absoluto. \* U de Mann-Whitney, t de Student.

### Tiempo Artroscopia Diagnóstica con Gancho 1



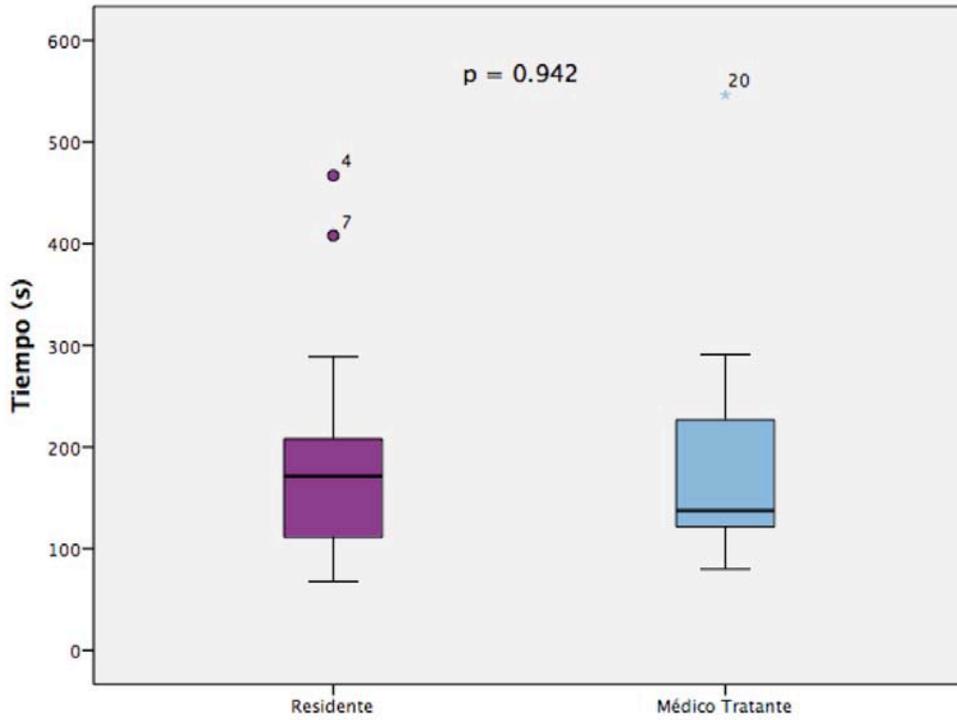
Gráfica 37 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador 1

### Tiempo Artroscopia Diagnóstica con gancho 2



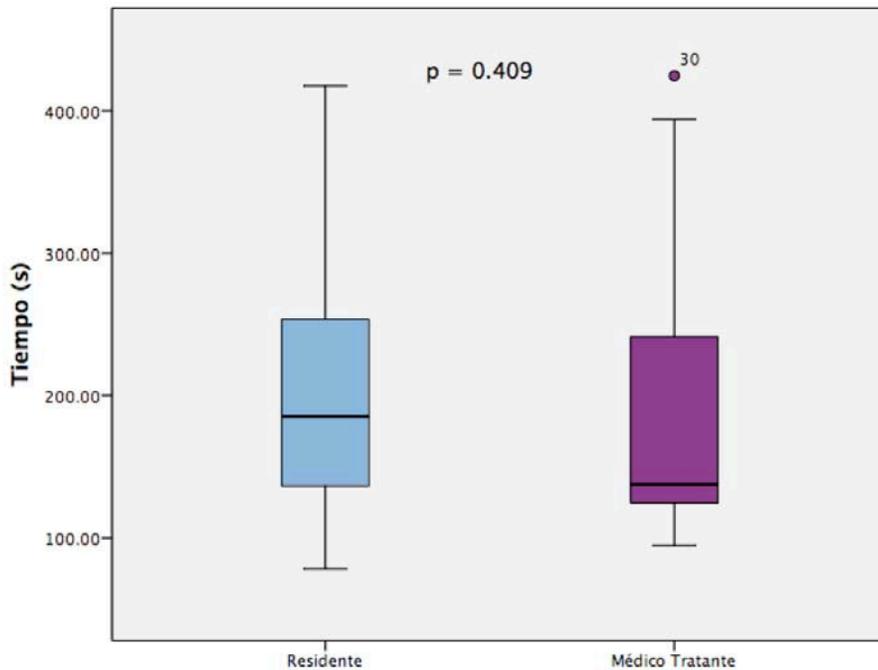
Gráfica 38 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador 2

### Tiempo Artroscopia Diagnóstica con Gancho 3

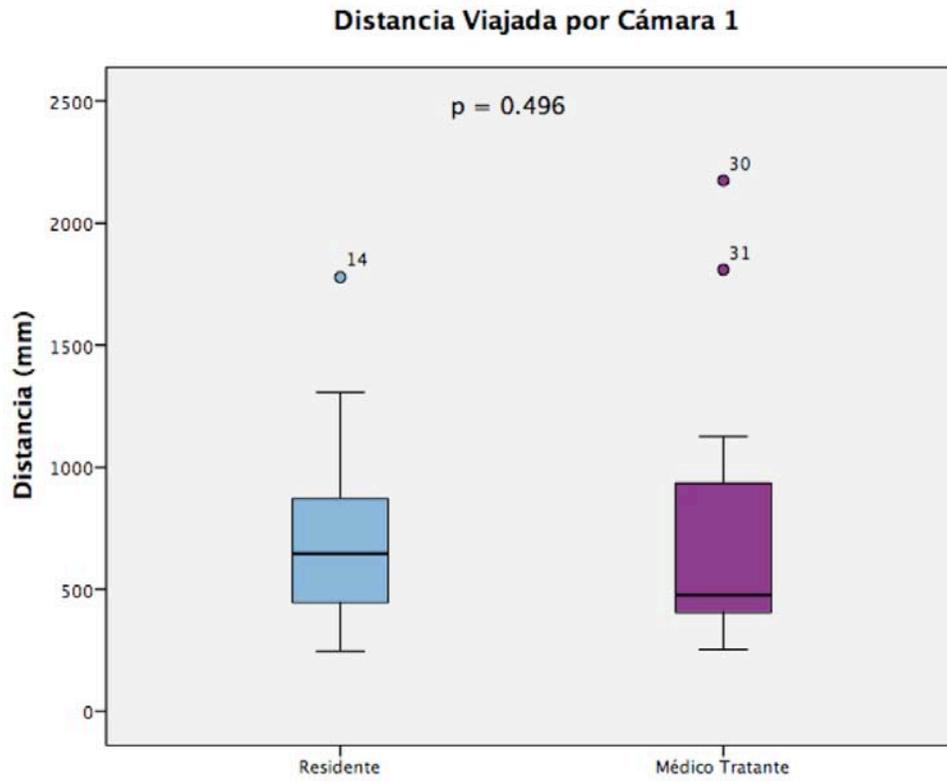


Gráfica 39 Tiempo de Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador 3

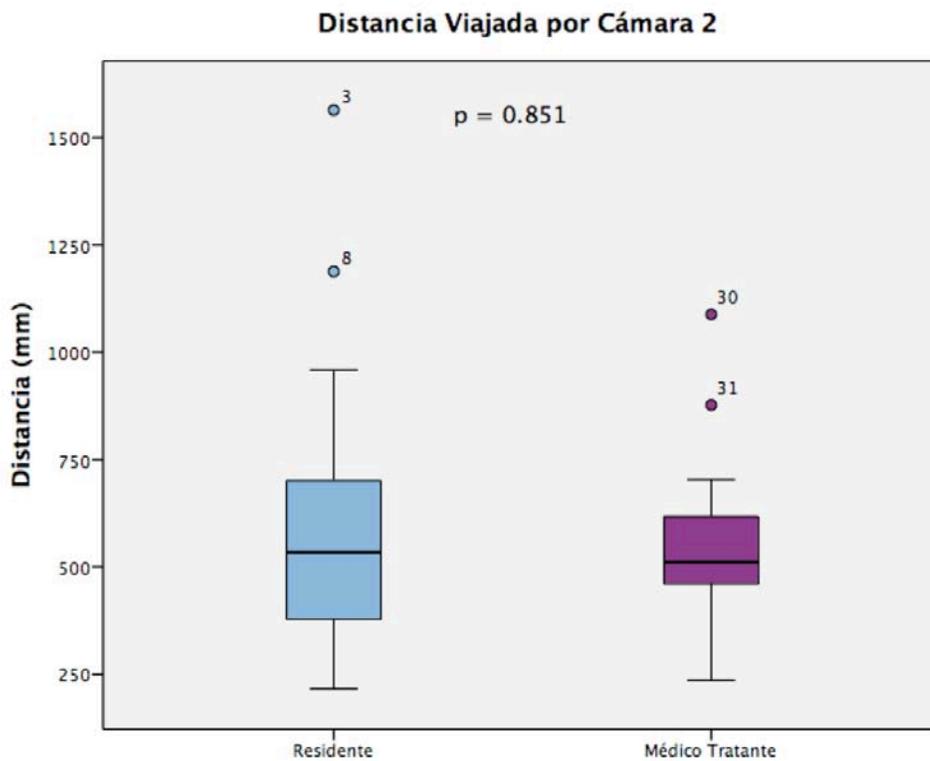
### Promedio de Tiempo de Artroscopia Diagnóstica con Gancho



Gráfica 40 Promedio de Tiempo de Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

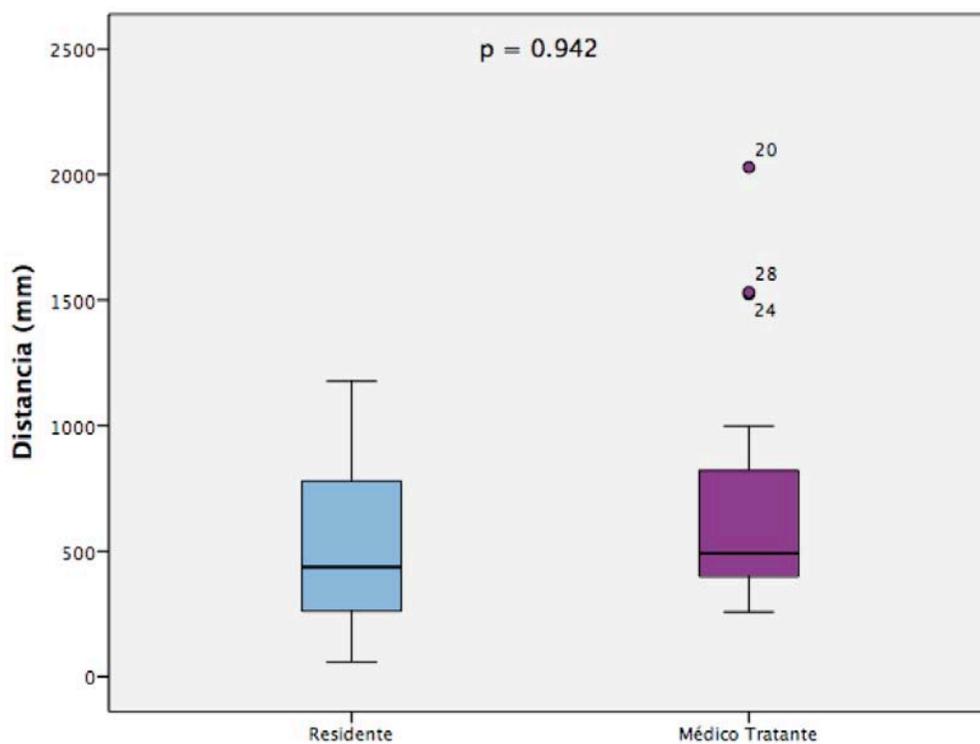


Gráfica 41 Distancia Viajada por la Cámara 1 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



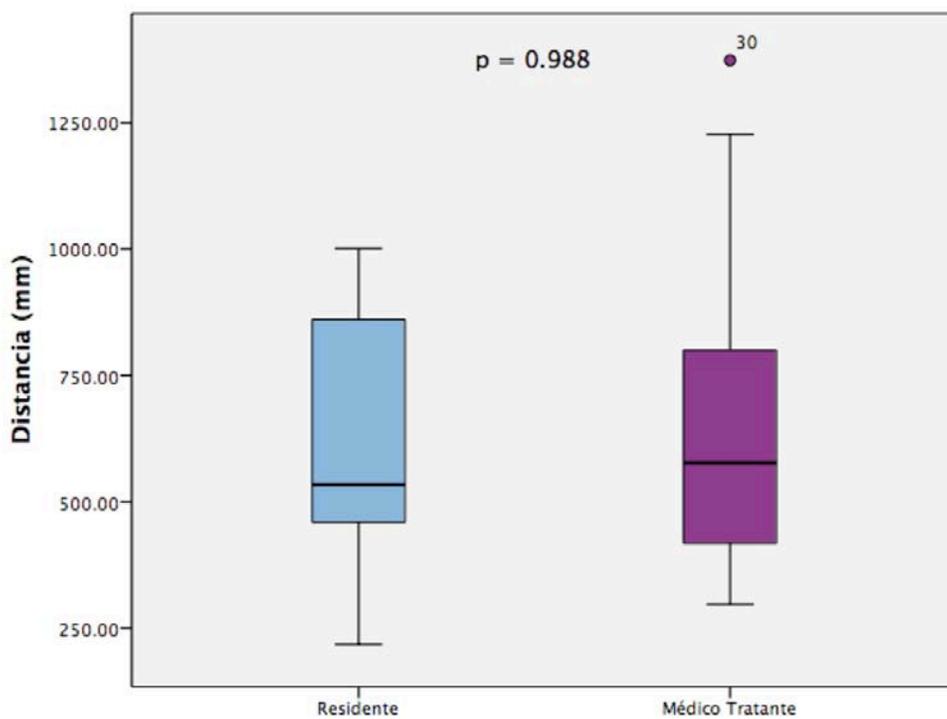
Gráfica 42 Distancia Viajada por la Cámara 2 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

### Distancia Viajada por Cámara 3



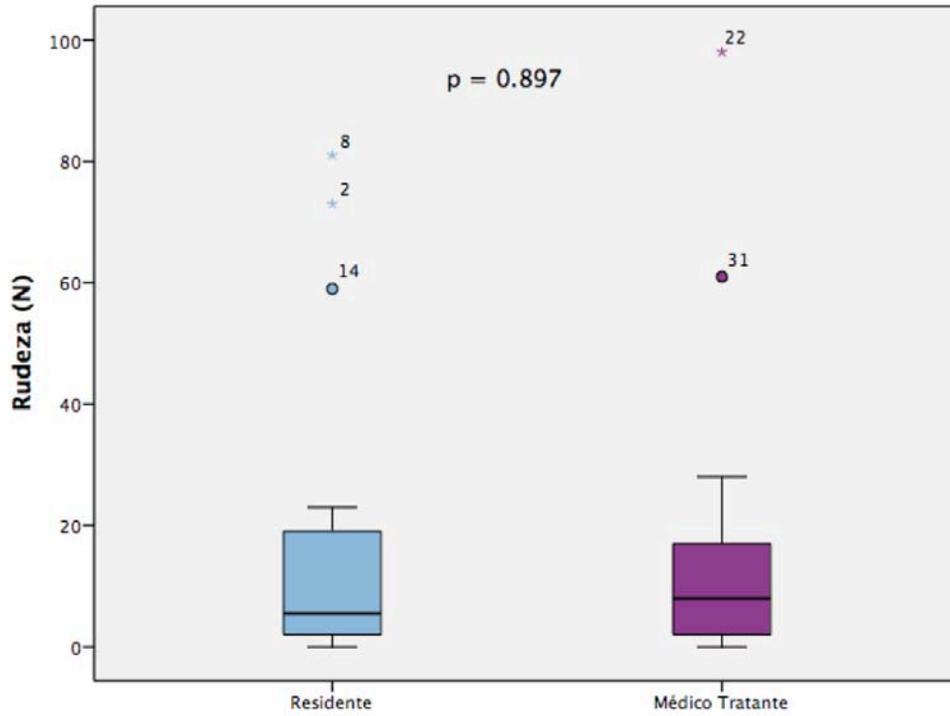
Gráfica 43 Distancia Viajada por la Cámara 3 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

### Promedio Distancia Viajada por Cámara



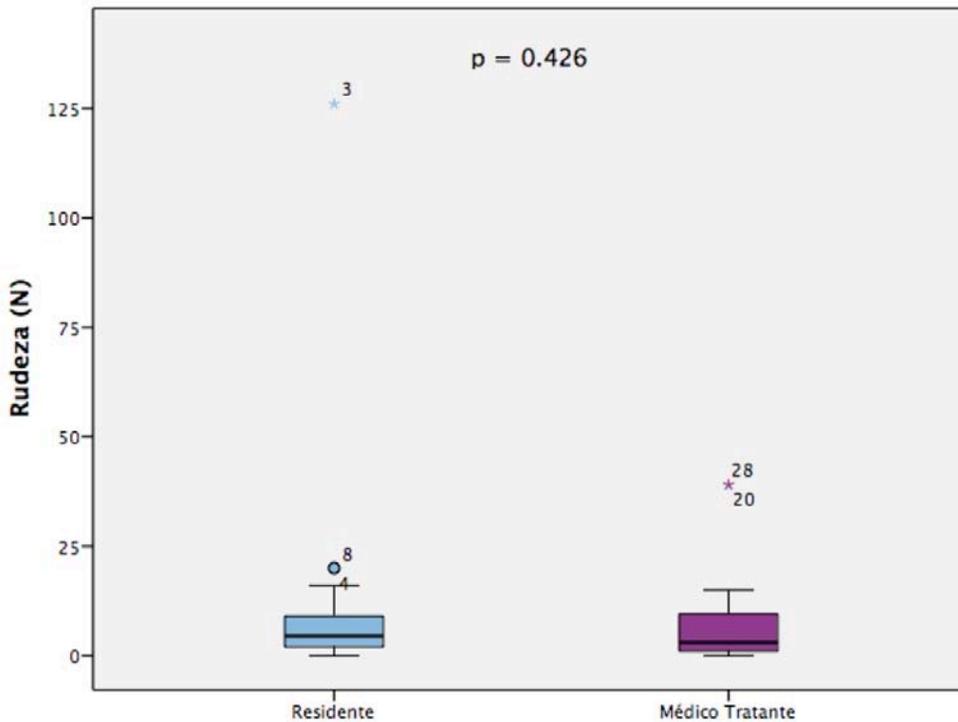
Gráfica 44 Promedio de la Distancia Viajada por la Cámara en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

### Rudeza de Cámara 1

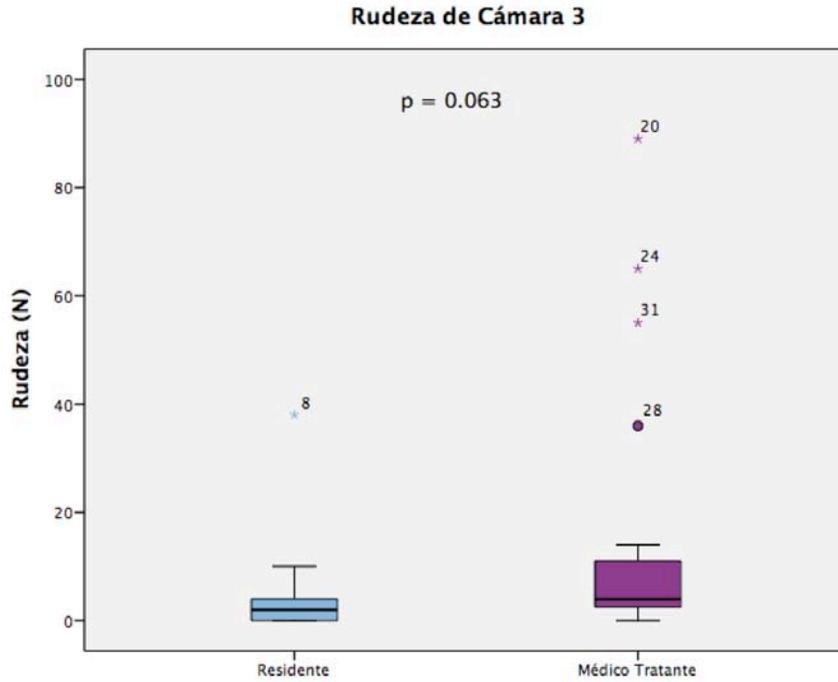


Gráfica 45 Rudeza de la Cámara 1 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

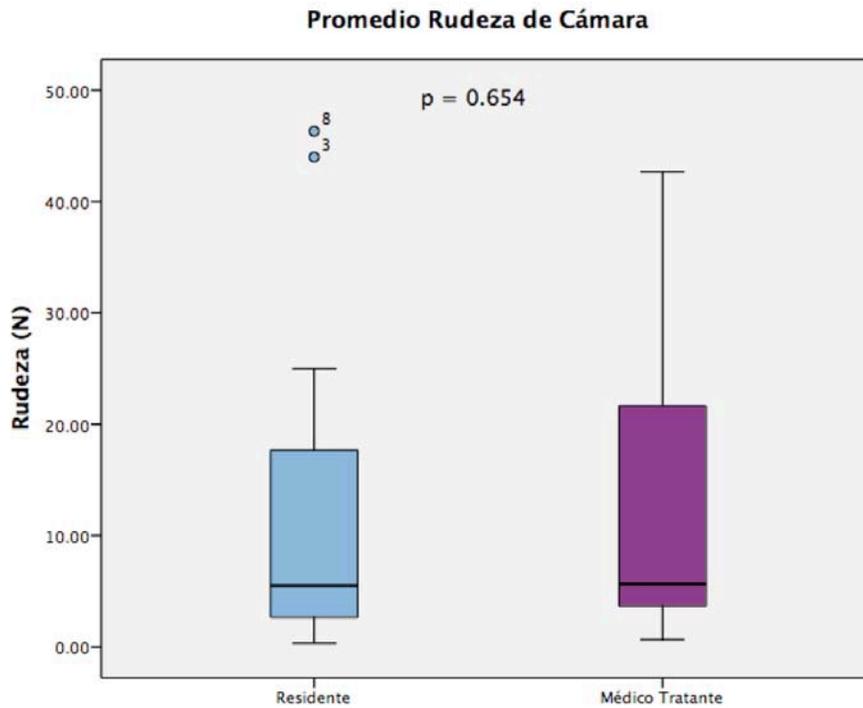
### Rudeza de Cámara 2



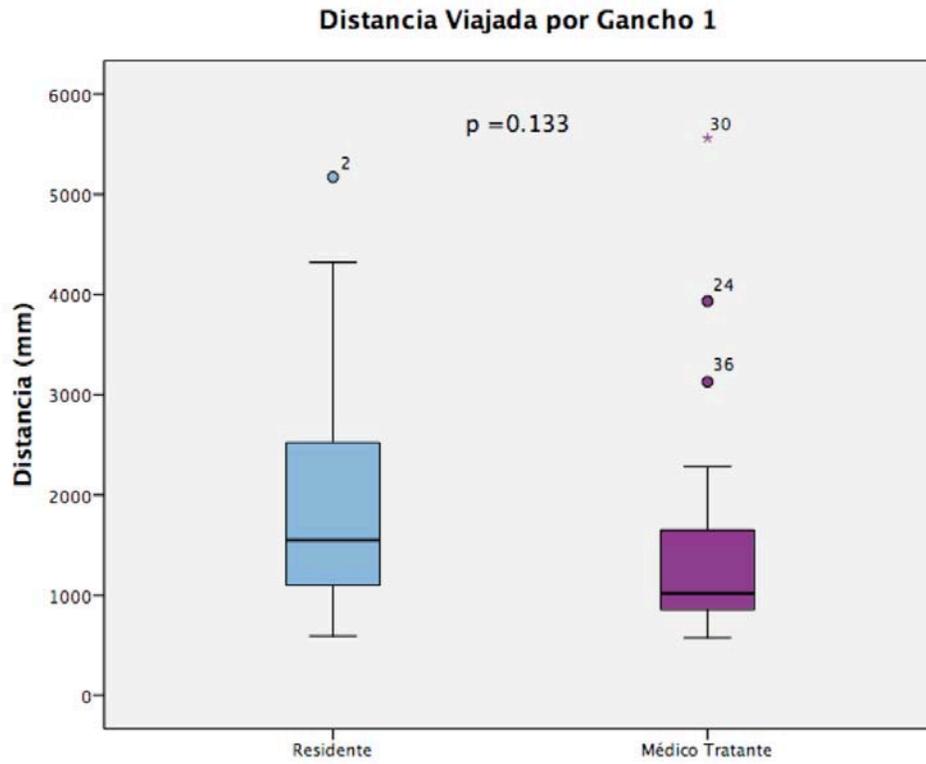
Gráfica 46 Rudeza de la Cámara 2 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



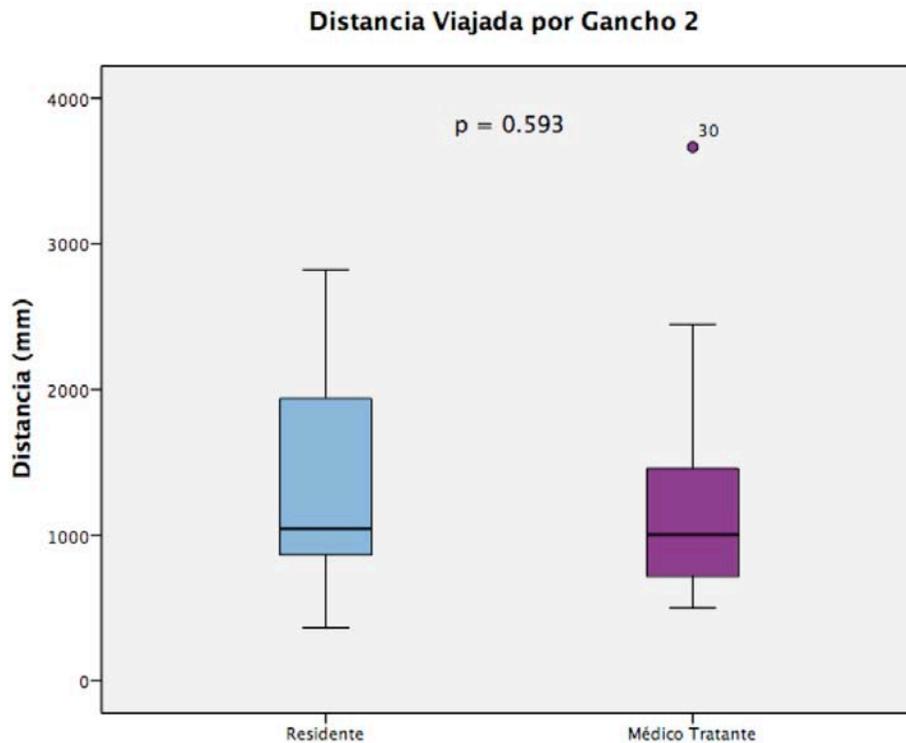
**Gráfica 47 Rudeza de la Cámara 3 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador**



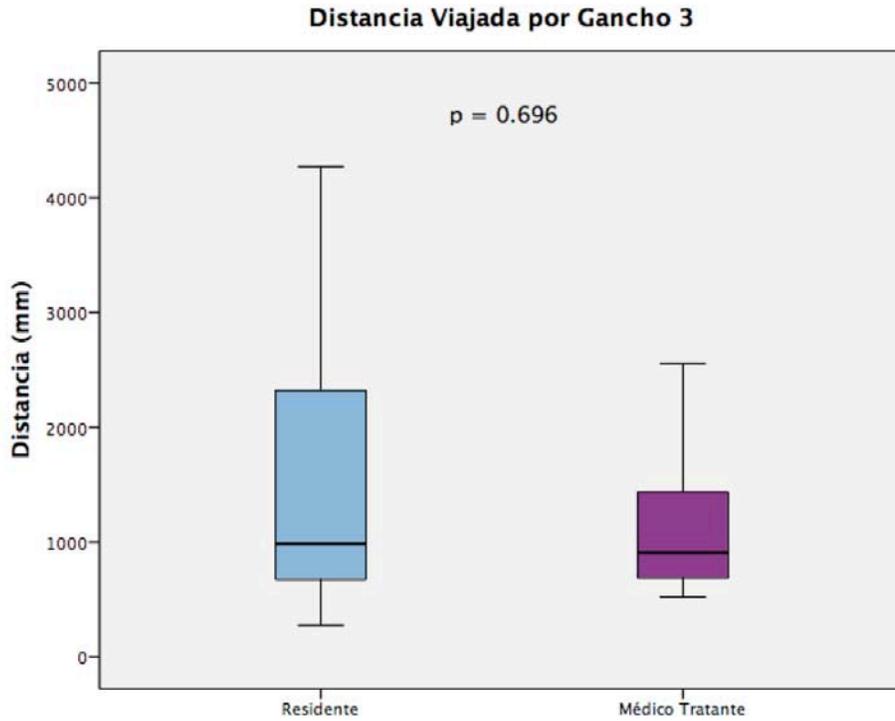
**Gráfica 48 Promedio de la Rudeza de la Cámara en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador**



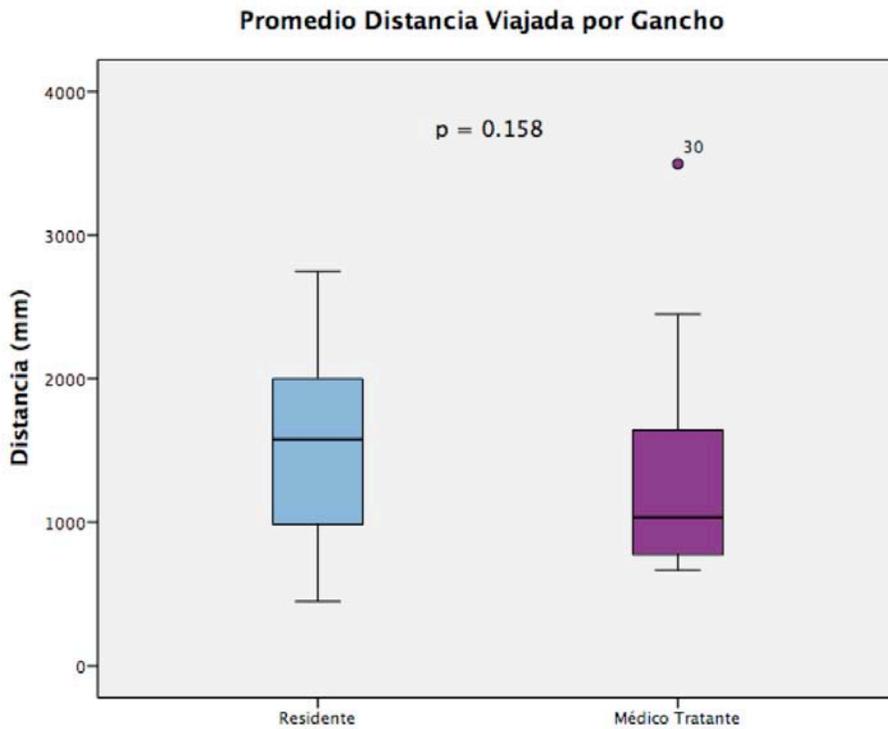
Gráfica 49 Distancia Viajada por el Gancho 1 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



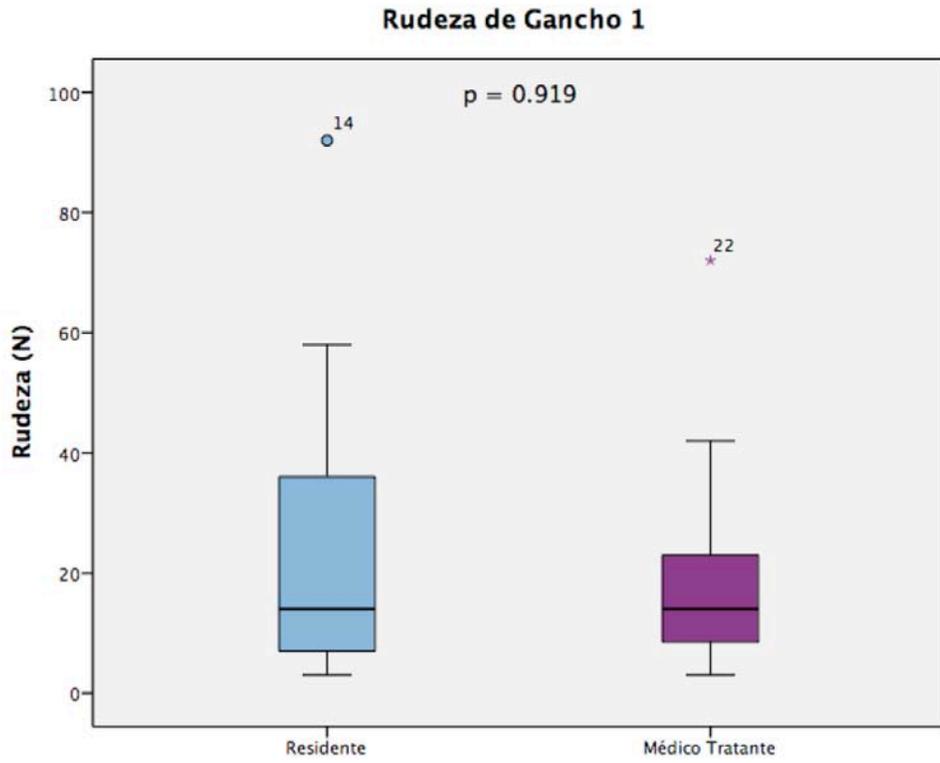
Gráfica 50 Distancia Viajada por el Gancho 2 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



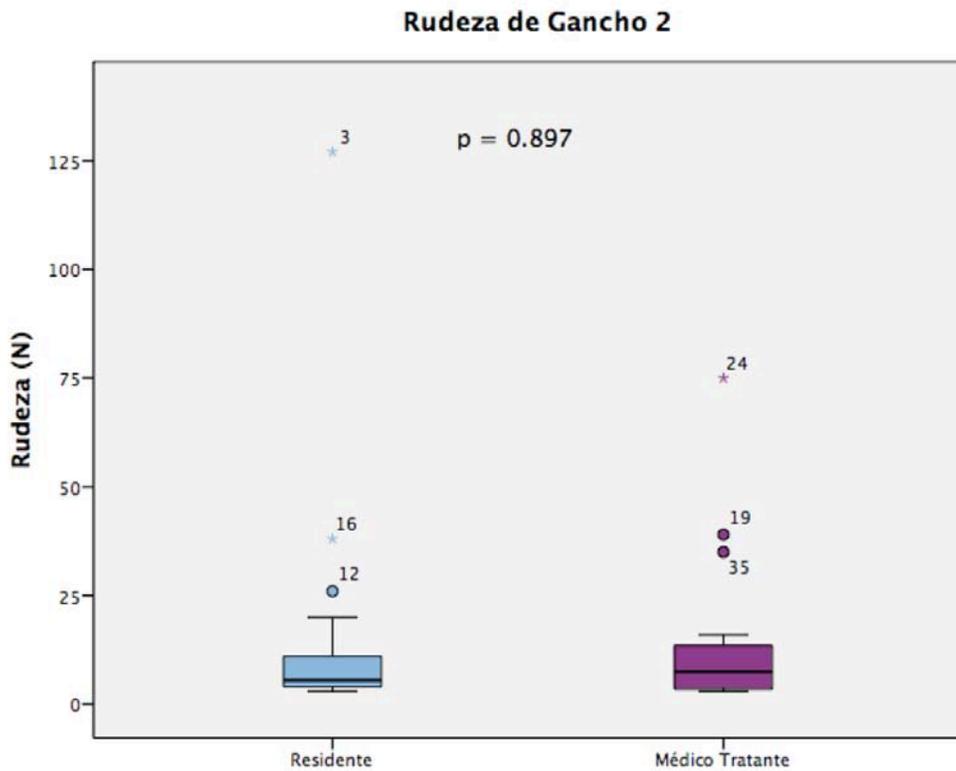
Gráfica 51 Distancia Viajada por el Gancho 3 en Artroscofia Diagnóstica con Gancho Palpador



Gráfica 52 Promedio de la Distancia Viajada por el Gancho en Artroscofia Diagnóstica con Gancho Palpador

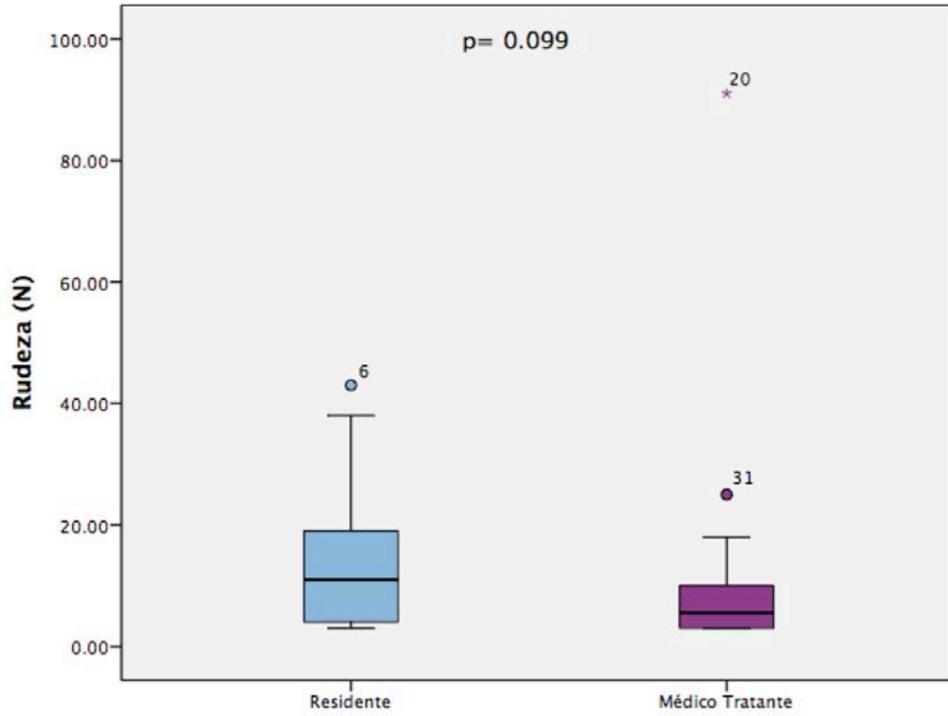


Gráfica 53 Rudeza del Gancho Palpador 1 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



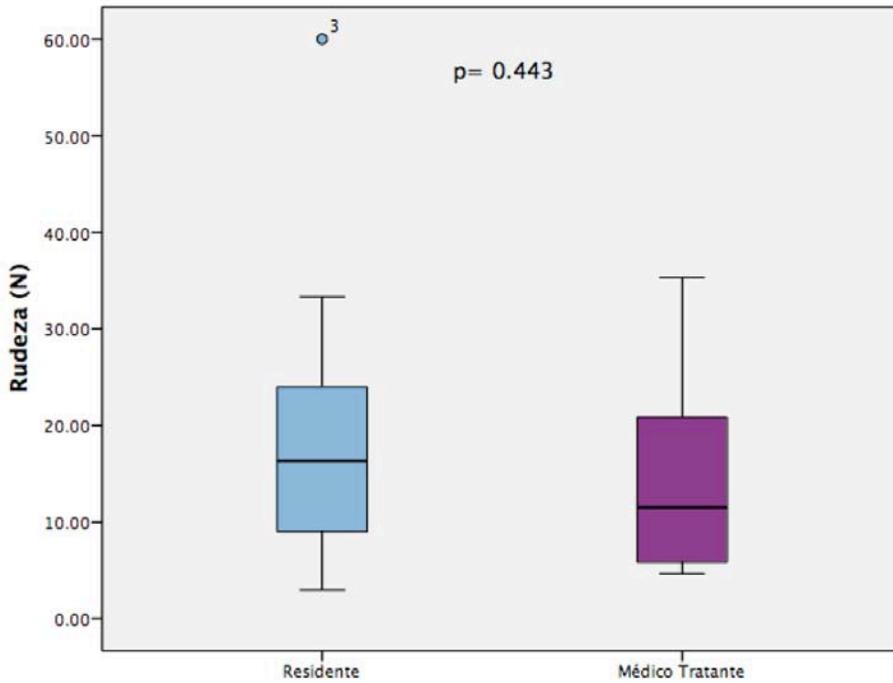
Gráfica 54 Rudeza del Gancho Palpador 2 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

### Rudeza de Gancho 3

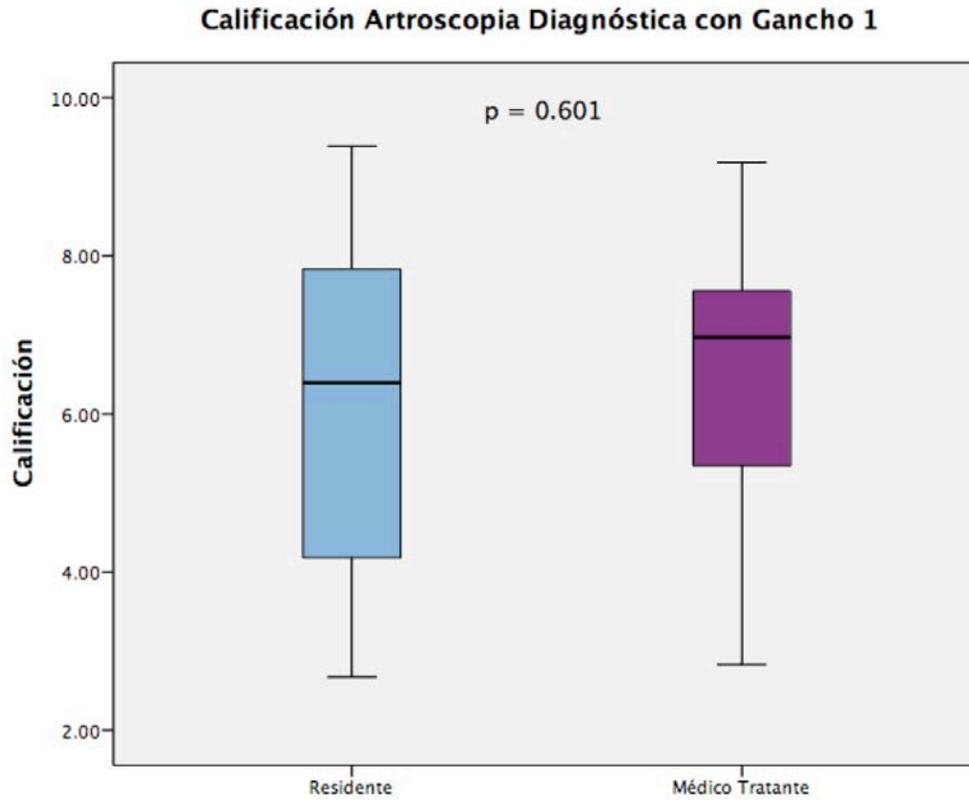


Gráfica 55 Rudeza del Gancho Palpador 3 en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador

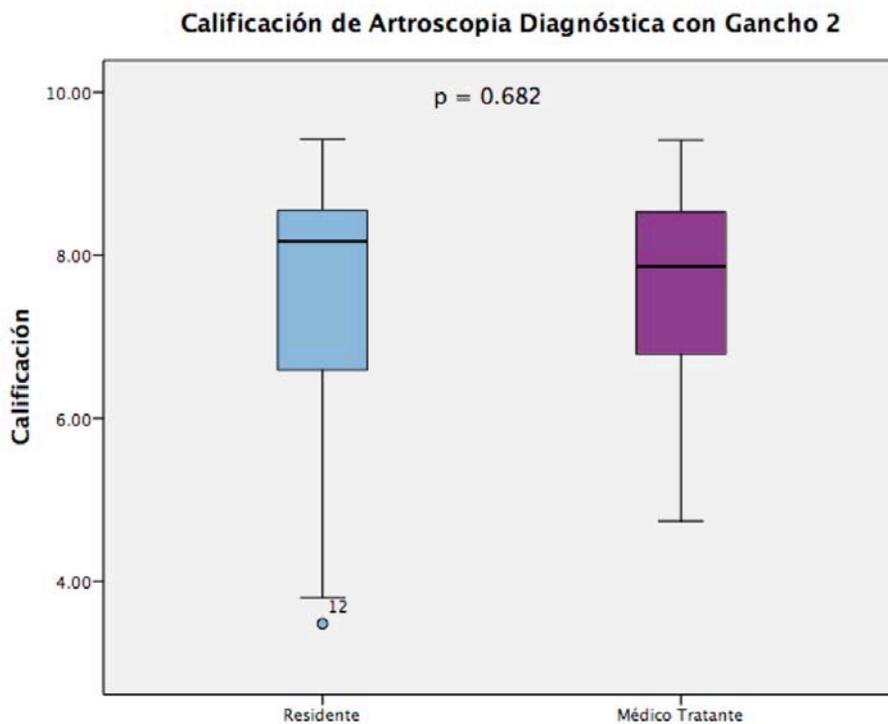
### Promedio Rudeza de Gancho



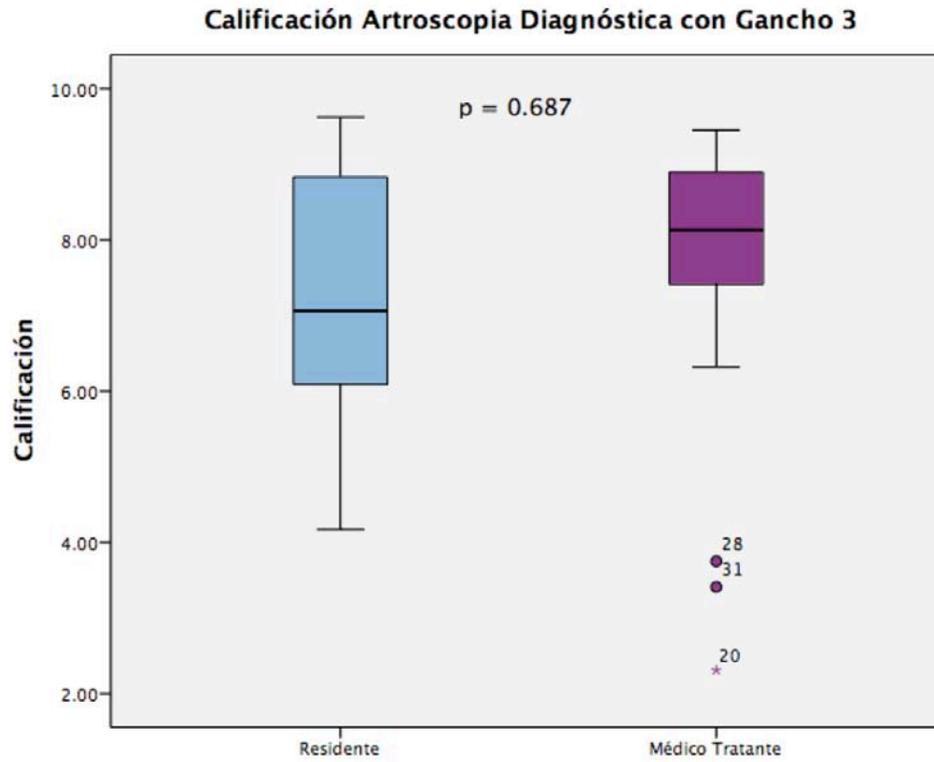
Gráfica 56 Promedio de la Rudeza del Gancho Palpador en Artroscopia Diagnóstica con Gancho Palpador



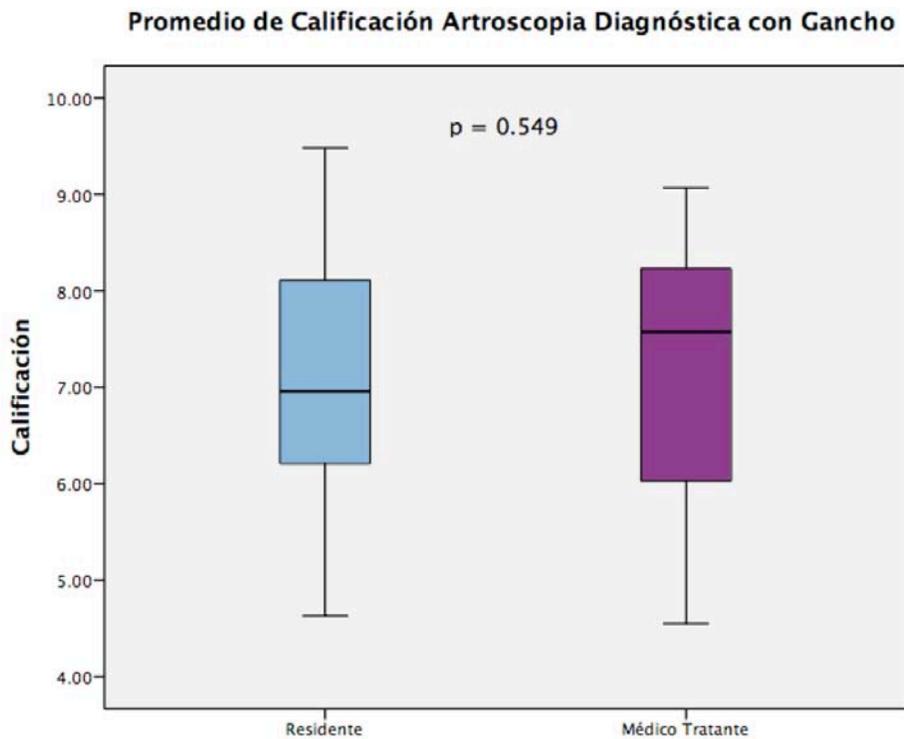
Gráfica 57 Calificación en Artroscofia Diagnóstica con Gancho Palpador 1



Gráfica 58 Calificación en Artroscofia Diagnóstica con Gancho Palpador 2



Gráfica 59 Calificación en Artroscoopia Diagnóstica con Gancho Palpador 3



Gráfica 60 Promedio de Calificación en Artroscoopia Diagnóstica con Gancho Palpador

## Discusión

De los veintiún residentes invitados, únicamente aceptaron la invitación dieciocho. Tres R4 no participaron en el estudio. De los sesenta y tres médicos tratantes invitados, veinte participaron en el protocolo. Encontré poco tiempo y poca disposición de los médicos tratantes para trasladarse al campus Observatorio en los horarios disponibles para participar en el estudio. Hubo cinco aproximadamente que habían confirmado y agendado horario para participar pero por cuestiones de logística y tiempo tuve que cancelar y no fue posible agendarlos nuevamente. No hubo participación de muchos de los médicos tratantes que realizan más artroscopias en el Centro Médico ABC.

Respecto a la demografía, la diferencia de edad en promedio entre médicos residentes y médicos tratantes fue de 10 años, hay mayor cantidad de hombres que de mujeres, únicamente dos residentes tuvieron dominancia izquierda y el resto derecha y la mayoría de los médicos tratantes realizaron su residencia en el Centro Médico ABC. Hubo únicamente un médico tratante que nunca realizaba cirugía artroscópica.

Llama la atención que la mayoría de los participantes ha tenido experiencia con videojuegos y que la mayoría de los artroscopistas jugaron y algunos aún juegan activamente. Por otro lado, pocos no artroscopistas juegan videojuegos actualmente. En los estudios mencionados previamente sobre la asociación de uso de videojuegos con habilidades motoras más lo encontrado en estas encuestas queda al aire la siguiente pregunta: ¿los videojuegos ayudan a tener mejor coordinación y mejor control psicomotor, o los sujetos que tienen estas habilidades inicialmente son atraídos a los videojuegos al igual que a la artroscopia?

De los médicos tratantes, diez cumplieron criterios para ser artroscopistas y diez para no artroscopistas. Como no existen criterios internacionales claros y utilicé los criterios de la AANA mencionados previamente para clasificarlos. Los médicos tratantes que reportaron entrenamiento formal, aunque fuera de poco tiempo, fueron clasificados como médicos tratantes artroscopistas. Sin embargo, los resultados de algunos de ellos estaban más cerca

de los no artroscopistas. También hubo algunos médicos tratantes que no cumplían ninguno de los dos criterios para ser artroscopistas. Por el punto en el que se encuentran en sus carreras no realizan cincuenta artroscopias al año pero su práctica principal es artroscópica. Éstos fueron clasificados como no artroscopistas. Por último, hubo algunos que reportaron ser primeros ayudantes en su práctica grupal pero primeros cirujanos en su práctica individual. Esto fue más común entre los ortopedistas jóvenes. Otro dato que cabe mencionar es que, algunos de los médicos tratantes artroscopistas de mayor edad están acostumbrados a trabajar con ayudantes y están acostumbrados a que los ayudantes manipulen el artroscopio para ellos, por lo que algunos presentaron dificultades triangulándose o utilizando el artroscopio y el gancho al mismo tiempo. Estas dificultades fueron reportadas por ellos mismos. Sin embargo, se logró homogeneidad entre los médicos tratantes y los resultados podrían ser un buen ejemplo de la práctica ortopédica del ABC en artroscopia.

Los residentes de nuevo ingreso (R0) y los de primer año (R1) no habían utilizado nunca el simulador, de los médicos tratantes, únicamente tres lo conocían y lo habían utilizado. Sin embargo, los R1 habían participado en talleres de artroscopia y habían estado expuestos a cirugías artroscópicas a lo largo de su primer año académico. Algunos inclusive habían participado en partes de alguna cirugía. En una revisión de la base de datos del simulador antes de iniciar el estudio se encontró que los residentes que lo habían utilizado no lo habían hecho de manera sistemática y la mayoría no lo habían utilizado consistentemente. De los residentes que más lo habían utilizado, ninguno lo había vuelto a utilizar en los seis meses previos al estudio.

Todos los sujetos realizaron el mismo algoritmo de ejercicios, iniciando con cuatro básicos, después progresando en los básicos de rodilla en donde aprendieron la localización de las esferas y la manera de acceder a ellas, hasta llegar a los diagnósticos de rodilla que se presentan aquí. El algoritmo se completó en una sola sesión excepto con un residente que había tardado cerca de una hora y media y por necesidades del servicio tuvimos que suspender la sesión. Realizó todo nuevamente semanas después. El tiempo de cada participante dependía del tiempo que tardaran en completar todos los ejercicios. Este

tiempo fue de menos de una hora hasta dos horas y media. Intenté que todos los residentes fueran evaluados antes de Marzo 2016, mes en el que inicia el nuevo año académico. Sin embargo, por cuestiones de logística del servicio a finales del año académico 2015 – 2016, sólo los R0 completaron la evaluación antes de marzo. Los R1 y R2 completaron la evaluación en marzo y un R3 completó la evaluación en abril. Los médicos tratantes participaron desde febrero hasta abril de 2016. Después de abril hubo un par de médicos tratantes que quisieron participar, pero por cuestiones de tiempo ya no se incluyeron en el estudio.

Algunos de los participantes experimentaron dificultades técnicas con el simulador. Encontré que, mientras más brusca era la manipulación del modelo físico, más probabilidad había de fallo de los sensores. En algunas ocasiones, esto era tan evidente y dificultaba tanto la progresión en los ejercicios, que fue necesario llamar la atención del participante a la manera de manipular el ejercicio. Esto podría haber sesgado los resultados de rudeza. También había problemas de calibración ocasionalmente. En general, mientras más se utilizó el simulador, más fallos había en el software o en el hardware. Los últimos participantes tuvieron más problemas de calibración de los sensores en los brazos robóticos y en los sensores del modelo de la rodilla que los primeros, sin embargo, esto no limitó la compleción de los ejercicios y no parece haber diferencias en los resultados.

Encontré que la mayoría de los participantes no leen ni escuchan instrucciones. Antes de cada ejercicio les daba una pequeña explicación del ejercicio y permitía que tomaran tiempo para leer las instrucciones antes de empezarlo. Durante los ejercicios, se muestran las instrucciones en la parte inferior del monitor donde se especifica qué hay que hacer o en dónde hay que encontrar las esferas. La mayoría de los participantes preguntaban porque no habían puesto atención a lo explicado o no leían lo que aparecía en la pantalla.

Durante la sesión de cada individuo anoté los comentarios o actitudes de cada participante. En general, los R0 fueron mucho más cuidadosos que los demás residentes. Tal vez porque nunca habían estado en una cirugía artroscópica o porque no sabían lo que iba a pasar. Los R1 fueron los más bruscos y los que más se frustraban con las dificultades que encontraban

de todos los residentes. De los R2, la mitad se encontraba muy seguro de sí mismo y la otra mitad empezó nerviosa. Aunque algunos de los residentes de otros años académicos también se mostraban nerviosos. Los residentes de mayor jerarquía se encontraban más cómodos durante el estudio.

En cuanto a los médicos tratantes, los artroscopistas se encontraban mucho más cómodos que los no artroscopistas. Muchos de los residentes reportaron alta fidelidad y realismo clínico, igual que varios de los médicos tratantes no artroscopistas. Sin embargo, la mayoría de los artroscopistas se quejaron de la dificultad, de la poca fidelidad y de las diferencias con una artroscopia y una rodilla real. Más médicos tratantes que residentes se frustraron durante los ejercicios pero ningún sujeto abandonó el estudio. Casi todos los residentes y muchos de los médicos tratantes no artroscopistas refirieron gusto por el simulador y deseos de volver a utilizarlo. En general, los médicos tratantes artroscopistas refirieron que no sería buen método de entrenamiento avanzado pero que tal vez serviría para nociones generales para los residentes.

Al final de cada ejercicio, el simulador muestra los resultados y se reporta una calificación para cada variable que no se incluyó en este estudio. Únicamente se incluyó la calificación global. La rudeza de los instrumentos muestra un mejor resultado mientras menor valor tenga. El valor ideal es de cero. El tiempo y la distancia ideal de la cámara y del gancho varían dependiendo del ejercicio pero en ningún lugar se especifica si existe un valor meta. Se puede inferir que se ha logrado una buena distancia y un buen tiempo por la calificación específica para esas variables otorgada por el simulador. La calificación máxima global en cualquier ejercicio es de 10.

En ningún ejercicio, en ninguna variable, encontramos alguna diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de médicos residentes y médicos tratantes. Al no encontrar diferencias entre los tres grupos, únicamente se dividieron los puntajes entre médicos residentes y médicos tratantes, sin subdividirlos en artroscopistas y no artroscopistas.

De manera subjetiva, observé una tendencia a la mejoría a lo largo del tiempo de práctica por los sujetos. En la mayoría de los estudios, los sujetos tienen poco tiempo para practicar y conocer el simulador. En este estudio, todos realizaron los mismos ejercicios sin límite de tiempo y tuvieron asesoría verbal todo el tiempo para encontrar las esferas.

En el primer ejercicio, los residentes tardaron menos tiempo que los médicos tratantes en completar el ejercicio, los residentes tendieron a viajar menos distancia con la cámara que los médicos tratantes y hubo menos variabilidad entre residentes. La rudeza del artroscopio fue similar con tendencia de los médicos residentes a ser menos bruscos. Los médicos residentes tuvieron mejor calificación en promedio que los médicos tratantes en el primer ejercicio aunque ambos grupos mostraron mejoría del primer al tercer ejercicio.

En el segundo ejercicio, el tiempo promedio de los médicos residentes y de los médicos tratantes fue similar. Los médicos tratantes tendieron a viajar menos con el artroscopio y los residentes tendieron a ser menos rudos con el uso del artroscopio. En cuanto al gancho palpador, los médicos residentes viajaron más y fueron un poco más bruscos con el gancho aunque se utilizaba en la mano dominante en la mayoría de los sujetos. Esto podría deberse a que, si a los residentes se les permite participar en una cirugía artroscópica en quirófano, generalmente manipulan el artroscopio, pero es raro que manipulen algún otro instrumento. El promedio de la calificación fue similar entre médicos residentes y médicos tratantes, pero hubo menos variabilidad entre los médicos tratantes.

Estos resultados no son los esperados ni se correlacionan con lo encontrado en otros estudios internacionales mencionados previamente. En la mayoría de los estudios, los simuladores de realidad virtual han podido discriminar entre cirujanos expertos y cirujanos novatos, mostrando diferencias significativas en tiempo, distancia y rudeza. Tal vez si se compararan médicos residentes con médicos tratantes artroscopistas que tuvieran un entrenamiento formal y más de cincuenta artroscopias al año, podríamos observar estas diferencias. O tal vez, si no hubiera habido tanto tiempo de práctica ni ayuda verbal, habiéramos observado mayores diferencias entre médicos tratantes y médicos residentes.

Los R0 y los R1 estaban contemplados para participar como grupo control por no tener experiencia en el simulador o en artroscopia.

En un análisis subjetivo por grupos, sí hubo tendencia a tener mejores resultados mientras mayor jerarquía había en los médicos residentes. En cuanto a los médicos tratantes, los no artroscopistas eran más finos y mas cuidadosos navegando en la rodilla y manipulando el modelo físico excepto los no artroscopistas que nunca realizan cirugías artroscópicas. Subjetivamente, los médicos artroscopistas que sí realizaban más de 50 artroscopias al año tuvieron mejores resultados que los demás sujetos en la artroscopia diagnóstica con gancho palpador. También tardaron menos tiempo en completar la sesión completa de ejercicios. Por otro lado, los no artroscopistas en general fueron más analíticos y presentaron mayor mejoría intrínseca a lo largo de todo el algoritmo de ejercicios que los no artroscopistas.

Otra particularidad de este estudio es que, en el Centro Médico ABC se realizan muchas cirugías artroscópicas y desde el primer año los residentes están expuestos a ellas. En nuestro hospital no existe un servicio de artroscopia, cada médico tratante es responsable de sus cirugías y son pocos los que únicamente se dedican a la cirugía artroscópica. En general, la mayoría de los grupos de trabajo realizan artroscopias. Esto diferencia a la población del Centro Médico ABC de la población de otros hospitales. La mayoría de los médicos tratantes que participaron en este estudio hicieron su residencia en este hospital, por lo que, si bien pueden no haber tenido entrenamiento formal en artroscopia, si estuvieron expuestos durante cuatro años a artroscopia de manera regular, probablemente más que en otros hospitales. Sería interesante analizar los puntajes de los participantes contra residentes y médicos de otros hospitales que no tengan tanto contacto con cirugía artroscópica.

Por otro lado, estos hallazgos apoyan la teoría de que para operar no es suficiente aprender algunas destrezas motoras, se requiere capacidad de integración, saber reaccionar ante situaciones adversas y saber adaptarse a situaciones inesperadas.

Sería interesante utilizar una escala de evaluación global para comparar la habilidad quirúrgica de médicos tratantes y residentes y de los diferentes grados académicos entre residentes.

Pueden existir varios sesgos y limitaciones en el estudio. El primero es que todos los participantes recibieron ayuda verbal para completar los ejercicios y los residentes de nuevo ingreso observaron la artroscopia diagnóstica realizada por mí una vez antes de iniciar. También contaban con un mapa de las esferas dentro de la rodilla por falta de conocimiento anatómico artroscópico de la rodilla.

Otro es la poca participación de los médicos tratantes. Los que menos acudieron fueron los que más se dedican a cirugía artroscópica y que se encuentran entre los 40 y 60 años de edad, es decir en su etapa más productiva. No realizamos un análisis estadístico separado de médicos tratantes artroscopistas y no artroscopistas. Únicamente dividimos los grupos para asegurar homogeneidad en el grupo de médicos tratantes. Tal vez analizando únicamente a los ortopedistas artroscopistas hubiera habido una mayor diferencia en las variables medidas.

Los residentes tuvieron ventaja sobre los médicos tratantes ya que los R2, R3 y R4 sí habían utilizado el simulador y algunos habían pasado mucho tiempo en él a principios del año académico 2015 – 2016. Pensé en utilizar los resultados de la primera vez que lo utilizaron, pero no todos habían completado los ejercicios evaluados en este estudio.

Por último, los tres investigadores participamos en el estudio. Los tres habíamos utilizado el simulador previamente y dos de nosotros elegimos los ejercicios para el algoritmo. Uno de los investigadores realizó dos veces los ejercicios, ya que la primera vez no estaba establecido el algoritmo de estudio completo. Sin embargo, nuestras calificaciones no fueron muy diferentes a las de nuestros respectivos grupos.

## **Propuesta de Plan de Entrenamiento para Residentes con el Simulador de Artroscopia**

En un análisis individual, el residente que mayor uso tuvo del simulador antes de la evaluación para este protocolo, tuvo calificaciones comparables con el mejor artroscopista. Estas calificaciones estuvieron muy por encima de la media de todos los grupos. Deduzco que el uso constante del simulador puede ayudar a mejorar el desempeño de los residentes y tal vez de los médicos tratantes en los ejercicios. Aunque en este estudio no se hayan encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos, las calificaciones globales se encuentran entre el seis y el siete, con un máximo posible de diez. Esto da lugar a mejoría para todos.

En el marco teórico mencioné que aún no están muy claras las variables que demuestran mejoría o que mejor pueden discriminar niveles de habilidad quirúrgica fuera de las medidas en este protocolo. También mencioné que aún no hay un estándar de oro en cuanto a las escalas globales de evaluación quirúrgica para artroscopia y no se ha definido bien la validez externa de los simuladores en artroscopia. Lo que sí es un hecho, es que los residentes que han sido sometidos a programas de entrenamiento con simuladores han mostrado mejoría en estas variables y en estas escalas.

A continuación propongo un plan de entrenamiento de cuatro años para mejorar y mantener las habilidades motoras en artroscopia de los residentes de traumatología y ortopedia del Centro Médico ABC. Este plan inicia en el R1, por lo que en este momento es difícil establecer las metas con los residentes de segundo, tercer y cuarto año.

Todos los residentes tendrán una tarjeta que se almacenará en el centro de entrenamiento por simuladores **ver figura 8**, en donde deberán anotar la fecha en la que acuden, el tiempo que pasan ahí y los ejercicios que realizan con las calificaciones que obtengan. De la misma manera, tendrán un archivo en Google Drive al que solamente ellos tendrán acceso en donde tendrán que documentar la misma información. Las tarjetas deben ser validadas por el personal del centro de entrenamiento por simuladores.

Creo que el tiempo de entrenamiento no puede ser universal, ya que cada persona cuenta con diferente ritmo para aprender. Además, la distribución de los residentes por sede durante el año no suele ser homogénea. Los residentes de mayor jerarquía generalmente tienen más tiempo para ir al simulador que los de menor jerarquía aunque, los de mayor jerarquía tienden a estar más tiempo en quirófano. Por lo tanto, en lugar de establecer un número de horas obligatorio en el centro de simuladores, propongo obtener una calificación global de 9.0 o más tres veces en cada ejercicio. Esto se traduce en un nivel fijo de habilidad del residente y en la capacidad de manipular los instrumentos y lograr los objetivos de cada etapa.

R1					
Nombre	Residente	Año	Grado Académico		
Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Ejercicios del día	Cal	Firma

**Figura 8 Ejemplo de la tarjeta que se guardará en el centro de entrenamiento por simuladores en donde los residentes registrarán su progreso**

Existirán ejercicios determinados para cada año académico, con la oportunidad de avanzar si logran obtener calificaciones de 9.0 ó más tres veces en cada uno de los ejercicios del

bloque para ese grado académico. Sin embargo, habrá ejercicios a los que ya no puedan progresar los residentes de menor jerarquía, inclusive si lograron una adecuada calificación en todos los ejercicios anteriores. En el modelo del hombro, las metas se deberán cumplir tanto en silla de playa como en decúbito lateral. **Ver figura 9.**

Programa de entrenamiento con simulador de artroscopia Arthromentor  
Ortopedia

2016- 2017

Cajas	FAST		Knee			Shoulder		
	Mano derecha	Mano izquierda	Basic	Diagnostics	Procedures	Basic	Diagnostics	Procedures
R1								
R2								
R3								
R4								

Tiene que completar con > 9.0 tres veces cada ejercicio

Si completa los obligatorios, puede hacer estos

No puede hacerlos

Debería poder completarlos todos con  $\geq 9.0$

El hombro es en silla de playa y en decúbito supino

Dra Claudia Arroyo Berezowsky R4TO

**Figura 9 Plan de entrenamiento con simuladores para residentes de ortopedia. Se muestran los ejercicios que cada grado académico puede realizar y debe dominar**

Los R1 iniciarán su entrenamiento con unas cajas para entrenamiento básico en laparoscopia que utilizan los residentes de cirugía. Estos simuladores tienen una pantalla y una cámara laparoscópica y tienen 9 portales por los cuales se pueden introducir instrumentos. Existen varios ejercicios diseñados para aprender triangulación y profundidad que consisten en manipular esferas y acomodarlas en diferentes postes, hay un ejercicio donde hay que manipular aros y colocarlos en postes, otro ejercicio consiste en pasar una cuerda en medio de aros con la mano derecha y con la izquierda. Estos ejercicios serán los primeros que utilicen los R1. Deben lograr eficiencia en estos ejercicios. Para esto, serán cronometrados por los responsables del centro de simuladores y pasarán cuando ellos lo decidan, con los mismos criterios que aplican para los residentes de cirugía. Ya que logren dominar estos simuladores, podrán iniciar su entrenamiento en el simulador de realidad virtual.

Antes de que los residentes tengan contacto con el equipo de artroscopia, deberá haber una plática en la que se les presente el material necesario para una artroscopia, el instrumental utilizado, los lentes de 30° y 70° y la manera de interpretar las imágenes en la pantalla. Se les explicará cómo orientarse y qué movimientos son posibles con el artroscopio, así como su utilidad en la cirugía. Con esta información, podrán iniciar el módulo FAST y experimentar por ellos mismos todo lo explicado anteriormente.

Deberán completar los ejercicios del módulo FAST tanto con la mano derecha como con la mano izquierda y tendrán opción de progresar a los ejercicios básicos de rodilla y de hombro si logran adecuadas calificaciones.

Para el R2 deberán ser capaces de realizar las cajas de manera eficiente y todos los ejercicios del bloque FAST, es decir, serán capaces de entender los movimientos individuales del artroscopio, podrán triangularse de manera efectiva y podrán manipular tanto el artroscopio como el gancho palpador con ambas manos. En el R2 tienen acceso al bloque de ejercicios básicos y diagnósticos de rodilla y a los ejercicios básicos de hombro. Tendrán opción de iniciar los ejercicios diagnósticos de hombro y terapéuticos de rodilla si logran las metas de los otros bloques. Estos ejercicios les ayudarán a conocer la anatomía artroscópica y a navegar dentro de las articulaciones, así como identificar patología básica de hombro y de rodilla.

En el R3 tendrán acceso a los ejercicios terapéuticos de rodilla, básicos y diagnósticos de hombro y tendrán opción de iniciar los procedimientos de hombro. Aquí aprenderán procedimientos terapéuticos que probablemente ya conozcan en quirófano. Tendrán la oportunidad de realizarlos por ellos mismos. En el hombro, aprenderán a trabajar tanto en posición de silla de playa y decúbito lateral, aprenderán la función de los diferentes portales y aprenderán a diagnosticar lesiones condrales, labrales y de mango rotador.

Para el R4 deben de ser capaces de completar todos los ejercicios tanto del módulo FAST, de rodilla y de hombro con una calificación de 9.0. Los residentes de tercer y cuarto año

deberían ser capaces de ayudar a los residentes de primer y segundo año orientándolos en caso de que tengan dudas.

Se deberán llevar a cabo evaluaciones periódicas para documentar la mejoría de los residentes. En el R1 y R2 se deberán realizar los ejercicios de artroscopia diagnóstica con ruta fija con y sin gancho palpador (mismos ejercicios presentados en este estudio) y el R3 y R4 deberán además realizar la artroscopia diagnóstica con ruta fija en hombro en la posición que ellos elijan al principio del año académico, a la mitad y al final del año académico. Al realizar estas artroscopias, deberán ser evaluados por el responsable del programa utilizando la escala de ASSET. De esta manera, se contará con los puntajes para las variables medidas por el simulador y con una evaluación un poco más objetiva de su dominio de la cirugía artroscópica.

Existen cursos de capacitación periódicos para residentes por parte de los proveedores de equipo de artroscopia a los cuales somos invitados como residentes del Centro Médico ABC que se podrían aprovechar para complementar el entrenamiento en el simulador de realidad virtual. En estos cursos se da una plática introductoria y se utilizan maniqués y modelos en seco para practicar procedimientos específicos. Estos ejercicios van desde artroscopias diagnósticas hasta reparación de meniscos y reconstrucciones de ligamentos cruzados. Propongo que si un residente de determinado grado académico tiene las calificaciones adecuadas porque ya adquirió la habilidad necesaria para llevar a cabo los ejercicios artroscópicos correspondientes a su jerarquía, debería acudir a estos cursos para mejorar sus habilidades y complementar la práctica obtenida con el ARTHRO Mentor<sup>TM</sup>. Por otro lado, si un residente aún no desarrolla la adecuada habilidad motora, deberá practicar más en el ARTHRO Mentor<sup>TM</sup> antes de poder acudir a estos cursos.

Finalmente, creo que con la cantidad de artroscopias que se llevan a cabo en el centro médico ABC, los residentes deberían ser evaluados también dentro de quirófano o con modelos cadavéricos. Ya que la participación del residente dentro de la cirugía depende del médico tratante, en caso de que se le permita participar, se debería llenar una evaluación con la escala de evaluación global ASSET para artroscopia de rodilla y hombro, aunque

aún no está validada para hombro, al final de la cirugía para que así el residente pueda documentar su progresión e identificar puntos débiles y fortalezas en el entrenamiento psicomotor. En un futuro, cuando existan más escalas validadas, podrían sustituirse estas dos escalas por una única global para ambas articulaciones.

Para saber si este método funciona, habría que implementar este plan, seguir a los residentes de primer año hasta su último año y documentar su desempeño, así como el de las generaciones predecesoras y las subsecuentes para evaluar si existen diferencias entre los puntajes con y sin programa de entrenamiento formal. Por ahora, contamos con valores estandarizados para médicos residentes y médicos tratantes sin un uso formal del simulador. Es probable que se deban realizar ajustes y modificaciones a este plan dependiendo de las dificultades que se encuentren al llevarlo a cabo y dependiendo de la nueva evidencia científica que se encuentre disponible en los próximos años.

De esta manera creo que se pueden optimizar y aprovechar los recursos con los que cuenta el Centro Médico ABC para proveer a los residentes de traumatología y ortopedia con un entrenamiento formal y estructurado, con retroalimentación inmediata y objetiva de su desempeño motor. Evidentemente, esto debe ser acompañado de conocimiento teórico y como se explicó previamente, aprender a operar implica más que dominar un conjunto de habilidades motoras.

Si se logra implementar algún plan de entrenamiento formal con simulación en artroscopia, el Centro Médico ABC sería el primero en México en contar con un programa similar.

## **Conclusión**

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el desempeño en artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador en el simulador de realidad virtual de rodilla entre médicos residentes y médicos tratantes del Centro Médico ABC.

Establecimos las puntuaciones estándar de referencia para la artroscopia diagnóstica de rodilla con y sin gancho palpador de residentes y de médicos tratantes.

Existe oportunidad para mejorar las calificaciones y propongo un plan de entrenamiento formal para artroscopia en el centro de entrenamiento por simuladores. Este programa se deberá reevaluar cuando los actuales R1 terminen la residencia para determinar si existe mejoría o no en los puntajes. También se deberá comparar sus resultados con los de los residentes que se graduarán antes sin haber tenido un programa formal de entrenamiento con simuladores durante toda su residencia.

Queda pendiente demostrar que una mejoría en puntajes en el simulador de realidad virtual implica una mejoría de habilidades psicomotoras quirúrgicas y que esas habilidades son transferibles al quirófano. Para esto se necesitan más estudios en los que se utilice una escala de evaluación global que no únicamente tome en cuenta los aspectos motores de una cirugía.

## Bibliografía

1. Dougherty PJ. CORR curriculum - orthopaedic education: Faculty development begins at home. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472(12):3637-43.
2. Kalraiya A, Buddhdev P. The TROJAN Project: Creating a Customized International Orthopedic Training Program for Junior Doctors. *Orthop Rev (Pavia).* 2015;7(1):5750.
3. Pitts D, Rowley DI, Sher JL. Assessment of performance in orthopaedic training. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(9):1187-91.
4. García, Sergio. La validez y la confiabilidad en la evaluación del aprendizaje desde la perspectiva hermenéutica. *Rev. Ped.* V.23n.67. Caracas mayo 2002
5. Hodgins JL, Veillette C. Arthroscopic proficiency: methods in evaluating competency. *BMC Med Educ.* 2013;13:61
6. Unalan PC, Akan K, Orhun H, Akgun U, Poyanli O, Baykan A, et al. A basic arthroscopy course based on motor skill training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(10):1395-9.
7. van den Dobbelen JJ, Karahan M, Akgün U. Theory on Psychomotor Learning Applied to Arthroscopy. In: Karahan M, Kerkhoffs MMJG, Randelli P, Tuijthof JMG, editors. *Effective Training of Arthroscopic Skills.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 17-32.
8. Stirling ER, Lewis TL, Ferran NA. Surgical skills simulation in trauma and orthopaedic training. *J Orthop Surg Res.* 2014;9:126.
9. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care.* 2008;23(2):157-66.
10. Tashiro Y, Miura H, Nakanishi Y, Okazaki K, Iwamoto Y. Evaluation of skills in arthroscopic training based on trajectory and force data. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(2):546-52.
11. Hui Y, Safir O, Dubrowski A, Carnahan H. What skills should simulation training in arthroscopy teach residents? A focus on resident input. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2013;8(6):945-53.
12. Akhtar K, Sugand K, Wijendra A, Standfield NJ, Cobb JP, Gupte CM. Training safer surgeons: How do patients view the role of simulation in orthopaedic training? *Patient Saf Surg.* 2015;9:11.

13. Martin KD, Cameron K, Belmont PJ, Schoenfeld A, Owens BD. Shoulder arthroscopy simulator performance correlates with resident and shoulder arthroscopy experience. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(21):e160.
14. Bergfeld JA. Issues with accreditation and certification of orthopaedic surgery fellowships. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(12):1833-6; discussion 46-50.
15. Leonard M, Kennedy J, Kiely P, Murphy PG. Knee arthroscopy: how much training is necessary? A cross-sectional study. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology.* 2007;17(4):359-62.
16. Underwood J. Learners, Technology and the Brain. In: Holzinger A, editor. *HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008 Proceedings.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2008. p. 1-18.
17. Paschold M, Schröder M, Kauff DW, Gorbauch T, Herzer M, Lang H, et al. Virtual reality laparoscopy: which potential trainee starts with a higher proficiency level? *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011;6(5):653-62.
18. van Dongen KW, Verleisdonk EJ, Schijven MP, Broeders IA. Will the Playstation generation become better endoscopic surgeons? *Surg Endosc.* 2011;25(7):2275-80
19. Shane MD, Pettitt BJ, Morgenthal CB, Smith CD. Should surgical novices trade their retractors for joysticks? Videogame experience decreases the time needed to acquire surgical skills. *Surg Endosc.* 2008;22(5):1294-7.
20. Wattanasoontorn V, Hernández RJG, Sbert M. Serious Games for e-Health Care. In: Cai Y, Goei LS, editors. *Simulations, Serious Games and Their Applications.* Singapore: Springer Singapore; 2014. p. 127-46.
21. Coughlin RP, Pauyo T, Sutton JC, 3rd, Coughlin LP, Bergeron SG. A Validated Orthopaedic Surgical Simulation Model for Training and Evaluation of Basic Arthroscopic Skills. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(17):1465-71.
22. Niitsu H, Hirabayashi N, Yoshimitsu M, Mimura T, Taomoto J, Sugiyama Y, et al. Using the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) global rating scale to evaluate the skills of surgical trainees in the operating room. *Surg Today.* 2013;43(3):271-5.

23. Camp CL, Krych AJ, Stuart MJ, Regnier TD, Mills KM, Turner NS. Improving Resident Performance in Knee Arthroscopy: A Prospective Value Assessment of Simulators and Cadaveric Skills Laboratories. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(3):220-5.
24. Slade Shantz JA, Leiter JRS, Gottschalk T, MacDonald PB. The internal validity of arthroscopic simulators and their effectiveness in arthroscopic education. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2014;22(1):33-40.
25. Gardner AK, Scott DJ, Pedowitz RA, Sweet RM, Feins RH, Deutsch ES, et al. Best practices across surgical specialties relating to simulation-based training. *Surgery.* 2015;158(5):1395-402.
26. Martin MK, Patterson DP, Cameron KL. Arthroscopic Training Courses Improve Trainee Arthroscopy Skills: A Simulation-Based Prospective Trial. *Arthroscopy.* 2016.
27. Lubowitz JH, Provencher MT, Brand JC, Rossi MJ. Learning the Language of Copernicus. *Arthroscopy.* 2015;31(8):1423-5.
28. Middleton RM, Baldwin MJ, Akhtar K, Alvand A, Rees JL. Which Global Rating Scale? A Comparison of the ASSET, BAKSSS, and IGARS for the Assessment of Simulated Arthroscopic Skills. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(1):75-81.
29. Hiemstra E, Kolkman W, Wolterbeek R, Trimbos B, Jansen FW. Value of an objective assessment tool in the operating room. *Can J Surg.* 2011;54(2):116-22.
30. Koehler RJ, Amsdell S, Arendt EA, Bisson LJ, Braman JP, Braman JP, et al. The Arthroscopic Surgical Skill Evaluation Tool (ASSET). *Am J Sports Med.* 2013;41(6):1229-37.
31. Koehler RJ, Goldblatt JP, Maloney MD, Voloshin I, Nicandri GT. Assessing Diagnostic Arthroscopy Performance in the Operating Room Using the Arthroscopic Surgery Skill Evaluation Tool (ASSET). *Arthroscopy.* 2015;31(12):2314-9.e2.
32. Bayona S, Akhtar K, Gupte C, Emery RJ, Dodds AL, Bello F. Assessing Performance in Shoulder Arthroscopy: The Imperial Global Arthroscopy Rating Scale (IGARS). *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(13):e112.

33. Hetaimish B, Elbadawi H, Ayeni OR. Evaluating Simulation in Training for Arthroscopic Knee Surgery: A Systematic Review of the Literature. *Arthroscopy*. 2016;32(6):1207-20.e1.
34. Rebolledo BJ, Hammann-Scala J, Leali A, Ranawat AS. Arthroscopy skills development with a surgical simulator: a comparative study in orthopaedic surgery residents. *Am J Sports Med*. 2015;43(6):1526-9.
35. Jacobsen ME, Andersen MJ, Hansen CO, Konge L. Testing basic competency in knee arthroscopy using a virtual reality simulator: exploring validity and reliability. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(9):775-81.
36. Martin KD, Belmont PJ, Schoenfeld AJ, Todd M, Cameron KL, Owens BD. Arthroscopic basic task performance in shoulder simulator model correlates with similar task performance in cadavers. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(21):e1271-5.
37. Garfjeld Roberts P, Guyver P, Baldwin M, Akhtar K, Alvand A, Price AJ, et al. Validation of the updated ArthroS simulator: face and construct validity of a passive haptic virtual reality simulator with novel performance metrics. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016:1-10.
38. Howells NR, Gill HS, Carr AJ, Price AJ, Rees JL. Transferring simulated arthroscopic skills to the operating theatre: a randomised blinded study. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(4):494-9.
39. Boutefnouchet T, Laios T. Transfer of arthroscopic skills from computer simulation training to the operating theatre: a review of evidence from two randomised controlled studies. *SICOT J*. 2016;2:4.
40. Jackson WF, Khan T, Alvand A, Al-Ali S, Gill HS, Price AJ, et al. Learning and retaining simulated arthroscopic meniscal repair skills. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(17):e132.
41. 3D Systems. ARTHRO Mentor™ brochure [brochure internet]. Disponible en [http://symbionix.com/wpcontent/pdf/Brochures/ARTHRO\\_Brochure\\_03\\_2015\\_Web.pdf](http://symbionix.com/wpcontent/pdf/Brochures/ARTHRO_Brochure_03_2015_Web.pdf) accesado el 26/07/16 a las 01:00 am

**Anexo 1**  
**PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA SIMULADORES DE ARTROSCOPIA**  
Carta de Invitación

México, D.F., a 20 de enero de 2016

Estimado Dr.       :

Por medio de esta carta me permito invitarlo a participar como sujeto de estudio en mi protocolo de investigación que servirá como tesis de postgrado para obtener el título de ortopedista. En este protocolo se recabará información sobre su desempeño en ejercicios seleccionados en el simulador de artroscopia de rodilla ARTHRO MENTOR™ del Centro Médico ABC, que se encuentra en el Campus Observatorio.

El objetivo de este protocolo es establecer los valores medios de desempeño de residentes y médicos tratantes en los ejercicios más representativos del simulador para poder utilizarlos más adelante como metas académicas en el programa de residencia.

Toda la información será reportada de manera anónima y utilizada únicamente con fines académicos (en tesis y en artículos publicables). Los asesores de tesis son: el Dr. Armando Torres Gómez y el Dr. Ranulfo Romo Rodríguez.

Únicamente requeriré una hora de su tiempo en el campus Observatorio, donde pediré que llene una encuesta, crearemos un usuario para usted en el simulador y realizará los ejercicios seleccionados previamente. Contará con suficiente tiempo para conocer el simulador y su funcionamiento y después se registrará su desempeño.

Los horarios disponibles son de lunes a viernes de 8am a 5 pm. El día del ejercicio, me encontraré yo en el centro de simuladores para explicar todo el proceso y recabar la información.

Me pondré en contacto con usted para confirmar su participación si es que así lo desea. De antemano agradezco su ayuda e interés.

Claudia Arroyo Berezowsky  
Residente tercer año

**Anexo 2**  
**Carta para centro de simuladores**

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA SIMULADORES DE ARTROSCOPIA

México, D.F., a 20 de enero de 2016

Dr. J. Octavio Ruiz Speare  
Director del Centro de Educación Médica por Simuladores

Por medio de la presente, me gustaría informarle de la realización de mi protocolo de investigación que servirá como tesis de postgrado para obtener el título de ortopedista en el American British Cowdray Medical Center. En este protocolo de investigación se recabará información sobre el desempeño de médicos tratantes y médicos residentes en ejercicios seleccionados en el simulador de artroscopia de rodilla ARTHRO MENTOR™ del Centro Médico ABC.

El objetivo de este protocolo es establecer los valores medios de desempeño de residentes y médicos tratantes en los ejercicios más representativos del simulador para poder utilizarlos más adelante como metas académicas en el programa de residencia.

Toda la información será reportada de manera anónima y utilizada únicamente con fines académicos (en tesis y en artículos publicables). Los asesores de tesis son: el Dr. Armando Torres Gómez y el Dr. Ranulfo Romo Rodríguez.

Durante los próximos meses, acudiré con médicos residentes y médicos tratantes del servicio de ortopedia que acepten participar como sujetos de estudio para realizar los ejercicios y recabar información. Intentaré realizar una agenda para no tener conflictos en horarios.

Sin más por el momento, agradezco su ayuda.

Atentamente,

Dra. Claudia Arroyo Berezowsky  
Residente de cuarto año de ortopedia y traumatología  
Centro Médico ABC

Dr. Ranulfo Romo Rodríguez  
Cirugía de mano y microcirugía  
Centro Médico ABC  
Asesor de Tesis

Dr. Armando Torres Gómez  
Asesor de Tesis  
Centro Médico ABC

### Anexo 3

#### Algoritmo de eventos para protocolo Artroscopia diagnóstica de rodilla derecha

#### Instrumentos

**Artroscopio:** mano izquierda

**Gancho palpador:** mano derecha

#### Eventos

1. Firmar consentimiento
2. Encuesta
3. Abrir cuenta
4. Explicación del simulador
5. El simulador estará conectado por autor de la manera descrita anteriormente
6. Práctica:
  - a. **Ejercicios básicos** con artroscopio en mano izquierda (1,6,8,10) para tener idea del funcionamiento del simulador
  - b. **Ejercicios básicos de rodilla:** 3 veces cada uno de práctica
    - i. **Orientación de la cámara** : rudeza, distancia viajada con cámara, tiempo total
      1. Enfocar 8 esferas (recorrido aleatorio)
    - ii. **Encontrar y palpar** : rudeza de cámara, distancia viajada con cámara, distancia viajada con gancho, rudeza de gancho, tiempo total
      1. Enfocar y tocar 8 esferas
  - c. **Ejercicios diagnóstico de rodilla** 3 veces cada uno (ejercicios que se analizarán)
    1. Examinación visual (HA -FP)
    2. Examinación con gancho palpador (HA- FP)

**Tiempo total estimado :** 1 hora 15 minutos

**Tiempo solicitado a tratantes:** 1 hora 30 minutos

## **Anexo 4**

### **PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA SIMULADORES DE ARTROSCOPIA**

Consentimiento Informado

ENERO – ABRIL 2016

Usted ha sido invitado a participar como sujeto de estudio en un protocolo de investigación que servirá como tesis de postgrado para obtener el título de ortopedista. En este protocolo se recabará información sobre su desempeño en ejercicios seleccionados en el simulador de artroscopia de rodilla ARTHRO MENTOR™ del Centro Médico ABC.

El objetivo de este protocolo es establecer los valores medios de desempeño de residentes y médicos tratantes en los ejercicios más representativos del simulador para poder utilizarlos más adelante como metas académicas en el programa de residencia.

Toda la información será reportada de manera anónima y utilizada únicamente con fines académicos (en tesis y en artículos publicables).

Acepto ( )

No acepto ( )

Fecha:

Nombre:

Firma:

**Anexo 5**  
**Encuesta para Médicos Tratantes**  
**Protocolo Simulador Artroscopia de Rodilla**

**Nombre**

**Edad**

**Fecha**

1. ¿Cuál es su mano dominante? Derecha ( ) Izquierda ( )
2. ¿En dónde hizo su residencia? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuánto tiempo lleva ejerciendo como ortopedista? \_\_\_\_\_
4. ¿Tiene alguna subespecialidad? Si ( ) No ( )
5. ¿Cuál? \_\_\_\_\_
6. ¿Tiene algún entrenamiento formal en artroscopia? Si ( ) No ( )
7. ¿En dónde lo realizó? \_\_\_\_\_
8. ¿Cuánto tiempo duró? \_\_\_\_\_
9. ¿En qué año (s) lo realizó? \_\_\_\_\_
10. ¿Se dedica únicamente a cirugía artroscópica? Si ( ) No ( )
11. ¿Considera que realiza más de 50 artroscopias al año? Si ( ) No ( )
12. ¿Es primer cirujano en la mayoría de sus cirugías artroscópicas? Si ( ) No ( )
13. ¿Es primer ayudante en la mayoría de sus cirugías artroscópicas? Si ( ) No ( )
14. ¿Qué tipo de artroscopias realiza con más frecuencia?  
Hombro ( ) Rodilla ( ) Cadera ( ) Muñeca ( ) Tobillo ( ) Ninguno ( ) Otro:
15. ¿Alguna vez jugó videojuegos? Si ( ) No ( )
16. ¿Actualmente juega videojuegos? Si ( ) No ( )
17. ¿De qué tipo? \_\_\_\_\_
18. ¿Cuánto tiempo a la semana? \_\_\_\_\_

## Anexo 6.

### Hipervínculos a encuestas para residentes

Encuesta	Link
Preguntas iniciales	<a href="https://es.surveymonkey.com/s/CLK2CHP">https://es.surveymonkey.com/s/CLK2CHP</a>
Demografía	<a href="https://es.surveymonkey.com/s/26FFNSY">https://es.surveymonkey.com/s/26FFNSY</a>
Intereses	<a href="https://es.surveymonkey.com/s/WJGNFRV">https://es.surveymonkey.com/s/WJGNFRV</a>
Videojuego	<a href="https://es.surveymonkey.com/s/C9ZRCJZ">https://es.surveymonkey.com/s/C9ZRCJZ</a>

## Anexo 7



Foto 2 Autora de la tesis realizando ejercicio de artroscopia diagnóstica de rodilla en ARTHRO Mentor™.