

Evaluación de un modelo animal para la formación en técnicas artroscópicas.

Evaluation of different animal models for arthroscopic skills training

Cristina Ávila ^{1,2}, Virginia Herrero ¹, Juan Sebastián Garrigues Vega ³ Diego García-Germán Vázquez ^{1,2} Francisco Forriol ⁴

¹ Hospital Universitario de Puerta de Hierro-Majadahonda, Madrid

² Hospital Universitario HM Torrelodones, Madrid

³ Pomeranian Medical School, Szczecin, Polonia

⁴ Universidad San Pablo CEU, Madrid, España

Resumen

Objetivo: evaluar diferentes modelos animales para el entrenamiento de habilidades artroscópicas en nuestro medio.

Material y métodos: Utilizamos seis rodillas de conejo, dos de perro, seis de cordero, dos de vaca y seis de cerdo en los cuales realizamos una artroscopia diagnóstica. Los modelos fueron puntuados por el cirujano responsable, dos residentes de Cirugía Ortopédica y Traumatología y un estudiante de Medicina. Se puntuaron, de uno a cinco, de menos a más, la facilidad de manejo de la pieza, tamaño, similitud anatómica respecto a la humana, disponibilidad y facilidad de obtención, la posibilidad de usar un material artroscópico estándar y la satisfacción de los residentes con el modelo. Se valoró la viabilidad de realizar un programa de formación de residentes basado en ese modelo animal en nuestro centro.

Resultados: En el modelo de cerdo es factible utilizar un artroscopio estándar de 4 mm de diámetro. Al igual que en el caso de las rodillas de cadáver humano, un problema en la utilización de la rodilla aislada. Es complejo el acceso a los compartimentos postero-medial y postero-lateral, a través de la escotadura intercondílea. Al igual que una artroscopia a un espécimen de cadáver humano será necesario liberar el ligamento colateral medial y colateral lateral para acceder adecuadamente. El acceso a la articulación fémoro-patelar puede ser complejo debido a la limitación a la extensión que presentan todos los cuadrúpedos.

Conclusión: El perro y el cerdo fueron los modelos de rodilla que presentaron mejores condiciones debido a su facilidad en el manejo, su tamaño, la posibilidad de utilizar instrumental artroscópico estándar, y la similitud en la anatomía artroscópica. A

pesar de las limitaciones, el modelo porcino es excelente para la formación básicas de habilidades artroscópicas para los cirujanos en formación.

Abstract

Objective: to evaluate different animal models for the training of arthroscopic skills.

Material and methods: We used six knees of rabbit, two of dog, six of lamb, two of cow and six of pig in which we performed a diagnostic arthroscopy. The models were scored by the responsible surgeon, two residents of Orthopedic Surgery and Traumatology and a medical student. The ease of handling of the piece, size, anatomical similarity to human, availability and ease of obtaining, the possibility of using a standard arthroscopic material and the satisfaction of the residents were scored from one to five, from less to more. with the model. The feasibility of conducting a resident training program based on that animal model in our center was assessed.

Results: In the pig model it is feasible to use a standard 4 mm diameter arthroscope. As in the case of human corpse knees, a problem in the use of the isolated knee, the access to the postero-medial and postero-lateral compartments through the intercondylar notch is complex. Like an arthroscopy to a human corpse specimen, it will be necessary to release the medial collateral ligament and lateral collateral to access adequately. Access to the patellofemoral joint can be complex due to the limitation to the extension of the quadrupeds.

Conclusion: The dog and the pig were the knee models that presented better conditions due to their ease in handling, their size, the possibility of using standard arthroscopic instruments, and the similarity in the arthroscopic anatomy. Despite the limitations, the porcine model is excellent for the basic training of arthroscopic skills for surgeons in training.

Palabras clave: Artroscopia, Educación médica, Modelos animales, Rodilla

Keywords: Arthroscopy, Medical Education, Training, Animal model, Knee

Introducción

La artroscopia es una técnica quirúrgica compleja con una larga curva de aprendizaje. Comparada con otros tipos de cirugías, la artroscopia requiere el desarrollo de habilidades motoras específicas que solo pueden ser adquiridas con el entrenamiento práctico. El desarrollo de la percepción tridimensional en una pantalla plana, de la coordinación ojo-mano y el control del “efecto fulcro” son capacidades

no innatas que deben ser aprendidas. (1).

El riesgo de lesiones condrales iatrogénicas es alto y con poco potencial de curación (2) y un porcentaje elevado de residentes creen que se dedica poco tiempo a la formación en artroscopia mientras un 66% consideran estar mal preparados, al final de su residencia, para realizar procedimientos artroscópicos de forma independiente. (3). Por otro lado, la artroscopia es el procedimiento quirúrgico más realizado en los EE.UU. (4) y es la técnica más frecuente en la lista de procedimientos de los candidatos al examen de certificación en los EE.UU. (American Board of Orthopaedic Surgery, ABOS), siendo su frecuencia más del doble que la del segundo procedimiento. La formación quirúrgica clásica, según el modelo de Halsted, se basa en la práctica supervisada de procedimientos quirúrgicos con una progresiva asunción de responsabilidades e independencia (5) (6). Este modelo puede tener limitaciones por cuestiones éticas, al tener que realizar procedimientos complejos cirujanos todavía en su periodo de formación. Existen también consideraciones de responsabilidad legal en casos de malos resultados o complicaciones en cirugías realizadas por cirujanos poco experimentados (7).

La aparición de nuevos procedimientos quirúrgicos hace necesario su entrenamiento previo a la realización en pacientes y, en el caso de la artroscopia de rodilla, el número de procedimientos necesarios para realizar adecuadamente la técnica, se ha determinado en 50 para una meniscectomía parcial y 61 para una reconstrucción de un LCA (8). Otros (9) elevan este número a 88 para la meniscectomía parcial del menisco externo y a 117 para reconstruir el LCA (9) (10).

Para salvar estas cuestiones se han empleado diferentes modelos para su entrenamiento incluyendo cadáveres, modelos sintéticos, simulación virtual y animales. El uso de especímenes humanos es la mejor opción ya que reproduce las condiciones que van a darse en la práctica clínica, pero tiene como inconvenientes el coste económico, los problemas logísticos y legales, las consideraciones éticas y su escasa disponibilidad (11).

Los modelos sintéticos no reproducen fielmente los tejidos y pueden ser poco estimulantes para los cirujanos en formación. La simulación virtual es cara y poco realista, no incluyen pasos esenciales como el establecimiento de los portales, el manejo del fluido, o el cambio de instrumentos de trabajo. Los residentes prefieren el entrenamiento en especímenes de cadáver sobre modelos artificiales e incluso sobre la formación recibida durante su residencia (12). Así mismo, el residente en formación puede ser autodidacta, sin necesidad de que haya necesariamente un cirujano senior que dirija la actividad (13).

Varios trabajos han comparado modelos de entrenamiento artroscópico y no contemplan el uso de modelos animales (14) (15) que, consideramos es una opción económicamente accesible, real y más atractiva que el uso de realidad virtual o modelos artificiales, para el entrenamiento en habilidades artroscópicas (16-19). Se han utilizado modelos animales en formación en otras especialidades quirúrgicas y

pueden ser congelados de nuevo para ser utilizados en ocasiones sucesivas (19) (20). La utilización de un modelo bovino ha sido descrita previamente (19) (20) y Unalan et al., (21) han descrito su utilización en entrenamiento de habilidades motoras en residentes de Cirugía Ortopédica. El modelo porcino ha sido utilizado en entrenamiento en artroscopia de tobillo (22) y de rodilla (19) (23) (24). El objetivo de nuestro trabajo ha sido la evaluación de diferentes modelos animales para el entrenamiento de habilidades artroscópicas en nuestro medio.

Material y métodos

Para la evaluación de un modelo animal en formación se han utilizado seis rodillas de conejo, dos de perro, seis de cordero, dos de vaca y seis de cerdo. Estas últimas fueron proporcionadas por el laboratorio de Cirugía experimental del H.U. Puerta de Hierro. El resto de modelos se obtuvieron de especímenes para consumo humano y centros veterinarios.

Las artroscopias se llevaron a cabo en el laboratorio de Cirugía experimental del HU Puerta de Hierro. La preparación de la pieza incluye la desarticulación de la cadera, así como osteotomías de fémur y tibia, retirada de piel y tejidos periarticulares, conservando la cápsula articular. La artroscopia se realizó con la pieza montada sobre un soporte. Se realizaron portales estándar antero-medial y antero-lateral similar a los utilizados en la práctica habitual en humanos.

Se utilizó una cámara Telecam 20210030 (Karl Storz, Tuttlingen, Alemania), una fuente de luz y una torre Karlz Storz (Karl Storz, Tuttlingen, Alemania) con ópticas convencionales de 30º, de 4 mm de diámetro (Arthrex, Naples, FL, EE.UU.), y de 2,7 mm de diámetro (Smith and Nephew, Andover, MA, EE.UU.). Se utilizó un motor de artroscopia, sinoviotomo y bisturí eléctrico adaptado CoolCut (Arthrex, Naples, FL, EE.UU.). Las imágenes, tanto estáticas como de vídeo, se obtuvieron mediante el capturador de imágenes Medicap USB 200 (MediCapture, Plymouth Meeting, PA EE.UU.). Se utilizó una pincería básica (Arthrex, Naples, FL, EE.UU.). El sistema de infusión de fluido se realizó por gravedad utilizando suero salino.

Los modelos fueron puntuados por el cirujano responsable, dos residentes de Cirugía Ortopédica y Traumatología y un estudiante de Medicina. Se puntuaron, de uno a cinco, de menos a más, las siguientes cuestiones: facilidad de manejo de la pieza, tamaño, similitud anatómica respecto a la humana, disponibilidad y facilidad de obtención, la posibilidad de usar un material artroscópico estándar y la satisfacción de los residentes con el modelo. Por último, se valoró la viabilidad de realizar un programa de formación de residentes basado en ese modelo animal en nuestro centro.

Resultados

Modelo lagomorfo

La artroscopia en la rodilla del conejo fue compleja por su pequeño tamaño y la imposibilidad de utilizar material estándar con óptica de 4 mm, siendo necesario recurrir a una óptica de 2,7 mm de artroscopia de pequeñas articulaciones. Al iniciar la exploración artroscópica de la rodilla del conejo fue difícil apreciar el LCA, pues el LCP cubre la totalidad de la escotadura intercondílea. Los cuernos anteriores de los meniscos, que se entrecruzaban por delante de la inserción del LCA, impidieron visualizar su inserción. El tendón del *m. extensor digitorum longus* era intrarticular, dispuesto por delante del cóndilo femoral externo; dificultando la introducción de la óptica por el portal antero-lateral dadas las pequeñas dimensiones de la articulación. Las puntuaciones dadas por los investigadores se expresan en la tabla 1.

Modelo Ovino

La oveja presentó un buen acceso con óptica de pequeñas articulaciones y un paquete adiposo de Hoffa voluminoso con mucha grasa intrarticular lo que hizo necesario desbridar con el sinoviotomo para tener una buena visión de las estructuras intrarticulares. Se apreció la disposición del LCA en doble fascículo en su inserción tibial; presentaba la inserción del fascículo AM (antero-medial) y la del fascículo PL (postero-lateral) separados por la inserción de la raíz anterior del menisco externo. Se pudo acceder a los compartimentos interno y externo forzando el varo y el valgo, sin necesidad de seccionar los ligamentos colaterales o realizando un “pie-crusting” (Figura 1). Las puntuaciones dadas por los se expresan en la tabla 1.

Modelo Porcino

En el cerdo, el compartimento anterior de la rodilla fue de fácil acceso con los portales antero-medial y antero-lateral. Una vez realizada la sinovectomía del paquete adiposo de Hoffa y del ligamento mucoso, la escotadura intercondílea y su contenido se pudieron observar con claridad. El ligamento mucoso fue evidente, como continuación de la grasa de Hoffa. El LCA estaba cubierto con una capa de tejido sinovial que se desbridó para apreciar la disposición de las fibras de colágeno. (Figura 2). Desde la visión artroscópica la impresión es que la huella tibial del LCA rodea completamente la raíz anterior del menisco externo, envolviéndola y creando un espacio contenido, existiendo, por tanto, una continuidad de esa inserción tibial. Ambos meniscos presentaron protuberancias anteriores y posteriores, de tal manera que el cuerpo no se continuaba con los cuernos de forma directa. No fue posible llegar a los compartimentos posteriores, a través de la escotadura intercondílea, parte habitual de la exploración artroscópica de la rodilla humana. El acceso a la gotiera lateral fue fácil y se vio el tendón del *m. poplíteo* intrarticular que se inserta

más anterior que en la rodilla humana. (Figura 2). Las rodillas de los cerdos tenían un tamaño adecuado, aunque su manejo fue engorroso debido al olor de las piezas, que mejoró al retirar la piel y el tejido celular subcutáneo antes de realizar la preparación y la artroscopia. Se pudo utilizar material artroscópico estándar de 4 mm. La anatomía intrarticular era similar a la rodilla humana salvo por la presencia de unos mamelones en la unión de los cuerpos con los cuernos de los meniscos y porque presentaba el LCA con su inserción tibial acintada rodeando la raíz anterior del menisco externo. Las puntuaciones dadas por los se expresan en la tabla 1.

Modelo canino

Artroscópicamente se observó un ligamento mucoso desarrollado con una escotadura intercondílea estrecha donde se insertaba el LCP presentando una inserción ancha que cubría toda la cara lateral del cóndilo femoral interno. En la exploración artroscópica de la escotadura intercondílea, la inserción anterior del LCA guardaba mucha similitud con la rodilla humana. El LCA se insertaba anterior a la raíz anterior del menisco externo. El acceso a los meniscos fue difícil, mejorando con la liberación de los dos ligamentos colaterales. La obtención de rodillas de perro fue compleja debido limitaciones en su disponibilidad. Su manejo fue sencillo y su tamaño adecuado. Se pudo realizar la artroscopia con material estándar. Las puntuaciones dadas por los se expresan en la tabla 1.

Modelo bovino

La pieza anatómica era pesada para el soporte utilizado y el manejo de la rodilla de la vaca fue complicado y engorroso. El gran tamaño de la pieza hizo difícil su transporte y almacenamiento. Además, por el gran volumen de la cápsula articular se perdía fluido durante la realización de la artroscopia. Para evitarlo envolvimos la pieza con un papel plástico (Figura 3). Aun así, la pérdida de fluido era frecuente precisando un volumen elevado para la exploración artroscópica.

La compleja anatomía de la rodilla de la vaca hizo difícil establecer adecuadamente los portales artroscópicos utilizados habitualmente para la artroscopia con rodillas humanas y el acceso a los compartimentos medial y lateral era complejo debido a la dificultad para abrir en varo - valgo. (Figura 3) La morfología del fémur distal era compleja y muy difícil distinguir entre los cóndilos y la tróclea femoral pues no se apreciaba continuidad anatómica entre ambas. La vaca presentaba una espina tibial medial muy prominente y el LCA parecía encajado entre las espinas tibiales. Esta inserción tibial estaba posterior en la meseta tibial. Las puntuaciones dadas por los investigadores se expresan en la tabla 1.

Discusión

La utilización de rodillas de animales de experimentación puede ser un método válido para el entrenamiento de las habilidades motoras necesarias para la realización de artroscopias de rodilla. Los modelos más descritos en la bibliografía

son bovinos y porcinos (20-23). Ambas especies presentan una rodilla con una anatomía groseramente similar a la humana. Como afirman Martin et al., (24) por el coste de un único espécimen de rodilla humana puede llevarse a cabo todo un programa de entrenamiento artroscópico con modelos animales. El coste añadido puede provenir del material artroscópico específico (cámara, torre, óptica, artroscopio, etc.), pero se ha propuesto emplear en este tipo de entrenamiento material de segunda mano o reciclado.

Los simuladores virtuales en artroscopia tienen la como ventaja de la similitud con la rodilla humana, aunque, por otra parte, tienen como desventajas su baja disponibilidad, tacto poco realista y no ser atractivos para los cirujanos en formación. Además, su elevado coste hace que no sean una opción realista en nuestro medio (25).

Pese a la mención de Voto et al., (13) sobre formación con modelos caninos no hemos encontrado referencias bibliográficas. El modelo canino presenta muchas ventajas para la realización de entrenamiento artroscópico. Su procesamiento y manipulación es sencilla, al contrario que en el caso del cerdo, el olor no es desagradable. La anatomía es similar a la humana y el tamaño de la pieza permite utilizar material artroscópico estándar. El problema fundamental es la baja disponibilidad de rodillas de perro. Una condición del estudio ha sido no tener que sacrificar a ningún animal por desear estudiar artroscópicamente su rodilla y, específicamente, el LCA. Obteniendo especímenes de rodillas de perro provenientes de eutanasia en centros veterinarios y cuyos dueños no quisiesen incinerar y enterrar los restos, actitud cada vez más frecuente. Esto nos ha llevado a concluir que el modelo canino no es un modelo adecuado debido a su baja disponibilidad y a las consideraciones sociales sobre su uso, no solo como modelo de formación sino también como modelo de investigación experimental.

Unalan et al., (21) incorporaron la realización de artroscopias sobre modelo bovino a su programa de entrenamiento en artroscopia. Los problemas que hemos encontrado, pese a la opinión de otros autores, han sido el precio de las piezas, su transporte fue complejo y su manipulación y colocación en soporte difícil, dado el tamaño de la pieza. Como ya han señalado otros autores (20) (21), la cápsula articular suele estar afectada debido a su extensión proximal y la pieza necesita ser envuelta en papel "film", para evitar la extravasación y pérdida de presión intrarticular (Figura 4). El coste económico de las piezas no es bajo, ya que para obtener una rodilla válida para realizar la artroscopia es necesario procesar la extremidad caudal de la vaca de una manera diferente a la habitual, en una cadena de procesamiento de carne bovina. Así, gran parte de la carne se desperdiciará y no podrá ser aprovechada para su venta. La anatomía intrarticular de la vaca es compleja y diferente a la humana.

Estamos de acuerdo con la mayoría de los autores que han publicado al respecto (19) (23) (25), en cuanto a la idoneidad de la rodilla del cerdo como modelo para el entrenamiento en artroscopia. No estamos de acuerdo con la necesidad de dejar la piel y el tejido subcutáneo ya que en nuestra experiencia ha dificultado el manejo de

la pieza y a medida que los tejidos se edematizan, debido a la extravasación de fluido, se desplazaban los portales y se hacía más difícil la realización de la artroscopia. Aconsejamos retirar la piel, el tejido subcutáneo y gran parte de la musculatura para ayudar el manejo de las piezas. En nuestra experiencia, si esto se realiza con cuidado puede mantenerse la integridad de la cápsula articular y evitar la extravasación del fluido. Además, al retirar la piel y el tejido subcutáneo y eliminar la pezuña tras una osteotomía distal de la tibia se evita el mal olor de la pieza que puede hacer desagradable su utilización. Es más sencillo de manipular si se retiran los tejidos periarticulares, intentando mantener la cápsula íntegra. Durante la retirada de la musculatura del compartimento anterior de la pierna hay que tener cuidado al seccionar el *m. extensor digitorum longus*, pues al igual que en el resto de las especies cuadrúpedas, su tendón de origen es completamente intrarticular y puede suponer la pérdida de fluido durante la realización de la artroscopia. Tras retirar las partes blandas preservando la integridad de la cápsula articular es manejable, se puede colocar en un soporte simple y mantener la rodilla en flexión durante la exploración artroscópica. El hecho de tener una pieza más ligera hace que puede ser sujeta en un soporte simple, sin necesidad de mordazas específicas. Las rodillas de cerdo son considerablemente más fáciles y baratas de obtener que las bovinas y ovinas. Además, el mayor tamaño de la rodilla del cerdo hace más fácil la realización de una artroscopia que en una rodilla ovina. Otros autores (26), han defendido la facilidad en la realización de la artroscopia en cerdos sin necesidad de utilizar sinoviotomo o sonda de radiofrecuencia. En nuestra experiencia aconsejamos utilizar sinoviotomo para mejorar la visualización de las estructuras intrarticulares, pero no es necesario el uso de sonda de radiofrecuencia ya que en ningún caso vamos a tener un sangrado en el campo quirúrgico. Comparado con la rodilla humana, el uso de un modelo de rodilla porcina para el entrenamiento de habilidades artroscópicas tiene como ventaja la ausencia de problemas éticos, el bajo o nulo coste en su obtención, la facilidad de manejo y una anatomía similar a la humana. Los problemas secundarios a una flexión limitada en la rodilla porcina pueden ser solventados con la retirada de los músculos de los compartimentos posteriores antes de realizar la artroscopia, siempre con cuidado de no dañar la cápsula posterior que condicionaría una pérdida de fluido artroscópico. Otras complicaciones descritas son el edema de la grasa de Hoffa, secundaria a una utilización prolongada de la misma pieza y la apertura inadvertida de la cápsula articular en aquellas rodillas adquiridas en el mercado.

Cuando se compara el coste de utilizar un modelo porcino con otras opciones de modelos de entrenamiento la comparación también es favorable para el cerdo. Además, hay que tener en cuenta que el cerdo es muy utilizado para cursos de habilidades quirúrgicas abdominales y ginecológicas, por lo que se pueden disponer con mucha facilidad. El hecho de que los animales de experimentación sean utilizados para varios fines de investigación o educativos es defendido por guías de buenas prácticas en investigación (27). Por otro lado, las piezas pueden ser obtenidas fácilmente en cualquier mercado a un precio bajo.

En el modelo de cerdo es factible utilizar un artroscopio estándar de 4 mm de diámetro sin necesidad de recurrir a ópticas e instrumentos para pequeñas articulaciones. Al igual que en el caso de las rodillas de cadáver humano, un problema en la utilización de la rodilla aislada, como resultado de una desarticulación de cadera o una osteotomía del fémur es la dificultad para tener un buen acceso a los compartimentos medial y lateral, y sobre todo a la parte más posterior de ambos. Debido a que estamos trabajando exclusivamente con la rodilla, estando el fémur fijo en un soporte, va a ser difícil abrir valgo, así como colocar la rodilla en posición de 4, que habitualmente se realiza para acceder adecuadamente a los meniscos en la artroscopia en la práctica clínica. Al igual que cuando realizamos una artroscopia a un espécimen de cadáver humano será necesario liberar el ligamento colateral medial y colateral lateral para acceder adecuadamente. La sección de estos ligamentos debe realizarse con cuidado de no abrir la cápsula articular, que afectaría a la contención del fluido artroscópico. Esta liberación se puede hacer realizando una técnica de “pie-crusting”, similar a la descrita para la liberación del espacio lateral durante la colocación de una PTR en una rodilla con una deformidad en valgo (28).

El acceso a la articulación fémoro-patelar puede ser complejo debido a la limitación a la extensión que presentan todos los cuadrúpedos. También fue complejo el acceso a los compartimentos postero-medial y postero-lateral, a través de la escotadura intercondílea al contrario que en las rodillas humanas.

El perro y el cerdo han sido los modelos estudiados que presentan mejores condiciones debido a su facilidad en el manejo, su tamaño, la posibilidad de utilizar instrumental artroscópico estándar, y la similitud en la anatomía artroscópica. Pero, a pesar de las limitaciones, el modelo porcino es excelente para la formación básicas de habilidades artroscópicas para los cirujanos en formación, dado su fácil disponibilidad en nuestro medio, aunque puede plantear problemas en países donde no se dispone de ellos.

Referencias

1. Sweeney HJ. Teaching arthroscopic surgery at the residency level. Orthop Clin North Am. 1982; 13:255-61.
2. Potts A, Harrast JJ, Harner CD, Miniaci A, Jones MH. Practice patterns for arthroscopy of osteoarthritis of the knee in the United States. Am J Sports Med. 2012; 40:1247-51.
3. Hall MP, Kaplan KM, Gorczynski CT, Zuckerman JD, Rosen JE. Assessment of arthroscopic training in U.S. orthopedic surgery residency programs--a resident self-assessment. Bull NYU Hosp Jt Dis. 2010; 68:5-10.
4. Pories WJ. Some reflections on Halsted and residency training. Current Surgery.

1999; 56:1.

5. Sealy WC. Halsted is dead: Time for change in graduate surgical education. *Current Surgery*. 56:34-9.
6. Randelli PS, Ferguson JY, Akhtar K, Sherman K. Obstacles faced in the classical training system: why is there a need for newer systems? En: KG Skills, M Karahan, P Randelli, G Tuijthof (eds). *Effective training of arthroscopic* 7. Heidelberg: Springer-Verlag: Heidelberg; 2015, p. 173.
7. Stoehr A, Mayr HO. Traditional wet labs and industry involvement, En: KG Skills, M Karahan, P Randelli, G Tuijthof (eds). *Effective training of arthroscopic* 7. Heidelberg: Springer-Verlag: Heidelberg; 2015, p. 215.
8. Michelson JD. Simulation in orthopaedic education: an overview of theory and practice. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88-A:1405-11.
9. Allen MJ, Houlton JE, Adams SB, Rushton N. The surgical anatomy of the stifle joint in sheep. *Vet Surg*. 1998; 27:596-605.
10. Moya-Angeler J, Gonzalez-Nieto J, Sanchez Monforte J, Altonaga JR, Vaquero J, Forriol F. Surgical induced models of joint degeneration in the ovine stifle: Magnetic resonance imaging and histological assessment. *Knee*. 2016; 23:214-20.
11. Calvert N, Grainger N, Hurworth M. Use of bovine carpal joints as a training model for cruciate ligament repair. *ANZ J Surg*. 2013; 83: 933-6.
12. Mattos e Dinato MC, de Freitas M, Lutaka AS. A porcine model for arthroscopy. *Foot Ankle Int*. 2010; 31:179-81.
13. Voto SJ, Clark RN, Zuelzer WA. Arthroscopic training using pig knee joints. *Clin Orthop Relat Res*. 1988; 226:134-7.
14. Vitale MA, Kleweno CP, Jacir AM, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS. Training resources in arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89:1393-8.
15. Frank RM, Erickson B, Frank JM, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr, Cole BJ, et al., Utility of modern arthroscopic simulator training models. *Arthroscopy*. 2014; 30: 121-33.
16. Birkhahn RH¹, Jauch E, Kramer DA, Nowak RM, Raja AS, Summers RL, et al., A review of the federal guidelines that inform and influence relationships between physicians and industry. *Acad Emerg Med*. 2009; 16:776-81.
17. Martin RK, Gillis D, Leiter J, Shantz JS, MacDonald P. A Porcine Knee Model Is Valid for Use in the Evaluation of Arthroscopic Skills: A Pilot Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2016; 474:965-70.
18. Kim HJ, Kim DH, Kyung HS. Evaluation of arthroscopic training using a porcine knee model. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017; 25: 965-70.
19. Patel D, Guhl JF. The use of bovine knees in operative arthroscopy. *Orthopedics*. 1983; 6:1119-24.
20. Splawski R. [Animal model of humeral joint for shoulder arthroscopy training]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2011; 76:324-6.
21. 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; 18:1395-9.
22. Bertollo N, Bell DJ, Walsh WR. Intraoperative patellar kinematics following resection of the central one-third of the patellar tendon in the ovine stifle joint. Vet Comp Orthop Traumatol. 2011; 24:197-204.
 23. Micucci CJ, Frank DA, Kompel J, Muffly M, Demeo PJ, Altman GT. The effect of interference screw diameter on fixation of soft-tissue grafts in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy. 2010; 26:1105-10.
 24. Martin RK, Gillis D, Leiter J, Shantz JS, MacDonald P. A porcine model is valid for use in the evaluation of arthroscopic skills: a pilot study. Clin Orthop Rel Res. 2016; 474:465-74.
 25. Mabrey J, Reinig K, Cannon W. Virtual reality in orthopaedics: is it a reality? Clin. Orthop. Relat. Res. 2010; 486: 2586-91.
 26. Kovac N, Grainger N, Hurworth M. Training models for meniscal repairs and small joint arthroscopy. ANZ J Surg. 2015; 85:649-51.
 27. NHMRC. Australian Code of Practice for the Care and Use of Animals for Scientific Purposes 8th. [Cited 21 August 2013.] Available from URL: <http://www.nhmrc.gov.au/book/australian-code-practice-care-and-use-animalsscintific-purpose>. (Descargado 10/02/2017)
 28. Aglietti P, Lup D, Cuomo P, Baldini A, De Luca L. Total knee arthroplasty using a pie-crusting technique for valgus deformity. Clin Orthop Relat Res. 2007; 464:73-7.
-

Autor para correspondencia:

Dr. Diego García-Germán,

Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Puerta de Hierro

28222 - Majadahonda, Madrid, España

Figura 1: Disposición de los instrumentos para la realización de las artroscopias en los modelos animales.



Figura 2: Realización de la exploración artroscópica en el modelo porcino.

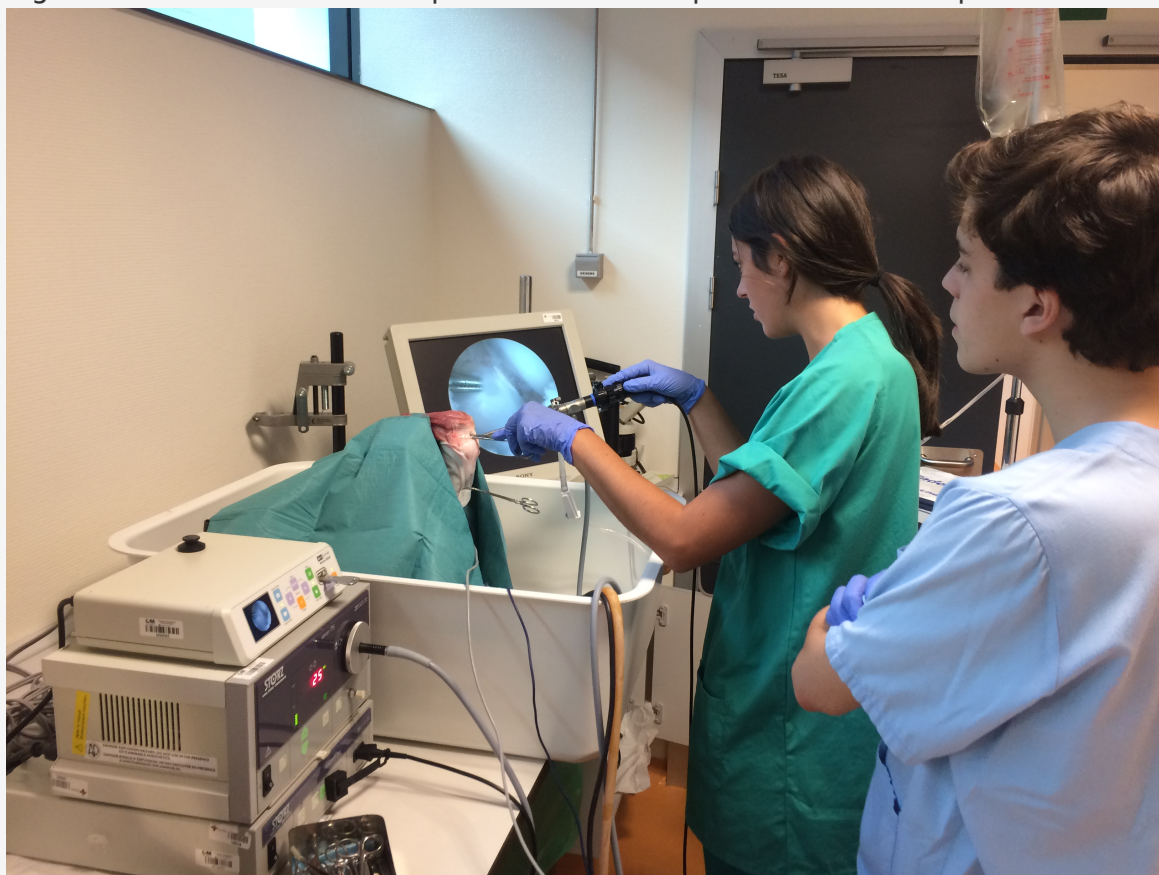


Figura 3: Exploración artroscópica del compartimento medial en el modelo porcino.

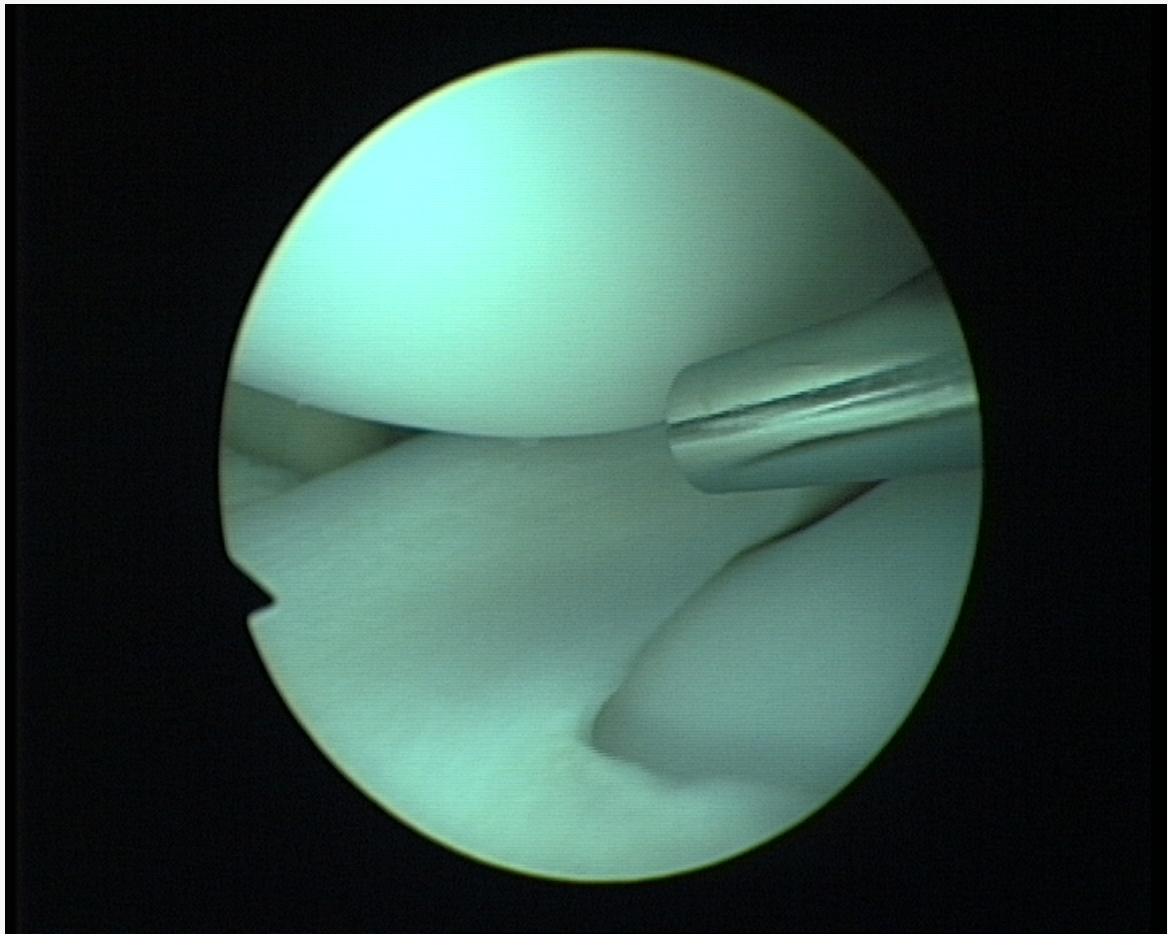


Figura 4: Necesidad de cubrir la rodilla bovina con papel "film" para evitar la extravasación de fluido artroscópico.



Tabla 1: Puntuación media, individual y global, del uno al cinco, según modelo animal (1 peor valor - 5 puntuación máxima)

	Manejo	Tamaño	Anatomía	Material	Disponibilidad	Satisfacción	Global
CONEJO	5	2	3	2	4	2	3
CORDERO	5	3	3	3	3	3	3,33
CERDO	4	5	4	5	5	5	4,66
PERRO	5	5	4	5	1	5	4,16
VACA	1	2	2	5	2	2	2,33