

BRAZO ROBÓTICO ARTICULADO PARA ASISTENCIA EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

*Articulated robotic arm for assistance in interventional radiology*ROLANDO ORTEGA^{1a,2}, IVAN ORTEGA^{2b}, DEISY ACOSTA^{2c}, JORGE POMA^{2b}, LUZ CASTAÑEDA^{2d}¹Departamento de Neurocirugía del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, Lima, Perú. ²Facoseme SAC, Lima, Perú^a Neurocirujano, ^b Ingeniero electrónico, ^c Administradora de empresas, ^d Ingeniera ambiental

RESUMEN

Objetivos: La tecnología robótica ha ayudado en la medicina a reducir el tiempo de exposición y ofrecer con mayor eficacia y precisión en las intervenciones quirúrgicas. El objetivo de usar un brazo robótico articulado para asistencia en cirugía e intervencionismo mínimamente invasivo guiado por rayos X (Rx) es reducir la radiación directa y secundaria en los médicos. Se describe el uso de un brazo robótico colaborativo (COBOT) que sustituye al brazo operativo del médico cirujano-intervencionista con el objetivo de evitar su exposición ante los rayos X.

Métodos: El COBOT cuenta con una pinza electrónica controlada a distancia e incluye un soporte especial para agujas fabricado en tecnología de impresión 3D; este, sujeta el instrumento intervencionista, agujas y otros elementos quirúrgicos. La pinza cargada con el instrumento es orientado y progresado hacia puntos intracorporales terapéuticos diana que se usan en procedimientos de radiología intervencionista y de radioterapia, el COBOT cuenta con precisión operativa.

Resultados: Se comprobó su funcionamiento simulando la acción intervencionista en maquetas, en tejido animal y en laboratorio de cirugía experimental.

Conclusiones: Se concluye que el brazo robot puede realizar funciones de asistencia en intervencionismo radiológico y neuroradiológico estereotáxico con un buen nivel de precisión, disminuyendo la exposición del médico a los rayos X.

Palabras clave: Robótica, Rayos X, Radiología Intervencionista, Procedimientos Quirúrgicos Robotizados (Fuente: DeCS Bireme)

ABSTRACT

Objectives: Robotic technology has helped medicine to reduce exposure time and offer greater efficiency and precision in surgical interventions. The goal of using an articulated robotic arm for X-ray (Rx) guided minimally invasive surgery and interventional assistance is to reduce direct and secondary radiation on physicians. The use of a collaborative robotic arm (COBOT) that replaces the operating arm of the surgeon-interventionist physician to avoid exposure to X-rays is described.

Methods: The COBOT has a remote-controlled electronic gripper and includes a special needle holder made using 3D printing technology; This holds the interventional instrument, needles, and other surgical elements. The instrument-loaded forceps are oriented and progressed toward intracorporeal therapeutic target points used in interventional radiology and radiation therapy procedures, the COBOT boasts operational precision.

Results: Its operation was verified by simulating the interventional action in models in animal tissue, and experimental surgery laboratory.

Conclusions: It is concluded that the robot arm can perform assistance functions in radiological and stereotaxic neuroradiological interventionism with a good level of precision, reducing the doctor's exposure to X-rays.

Keywords: Robotics, X-Rays, Radiology, Interventional, Robotic Surgical Procedures (Source: MeSH NLM)

<https://doi.org/10.53668/2021.PJNS34211>

Peru J Neurosurg 2021, 3(4): 147-154

El uso de instrumental y equipamiento moderno en la medicina siempre ha estado ligado a los avances tecnológicos, a la reducción del riesgo de muerte en pacientes y en hacer más eficientes las operaciones. Con la introducción de los rayos X se desarrolla la Radiología intervencionista, con la cual se dio paso a abordar el cuerpo

sin necesidad de incisiones amplias. A pesar de todas las ventajas, se ha demostrado que los rayos X son perjudiciales a la salud a largo plazo y según la intensidad recibida (Bratschitsch *et al.*, 2019), pudiendo ocasionar cáncer y otras lesiones (Berrington de González *et al.*)⁵

Enviado : 18 de octubre del 2021

Aceptado : 22 de diciembre del 2021

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Ortega R, Ortega I, Acosta D, Poma J, Castañeda L. Brazo robótico articulado para asistencia en radiología intervencionista. *Peru J Neurosurg* 2021; 3(4): 147-154. doi:10.53668/2021.PJNS34211

Los pacientes que son intervenidos quirúrgicamente en operaciones mínimamente invasivas asistidas con rayos X (Rx), no son sometidos constantemente a la radiación de rayos X, ¹ salvo aquellos pacientes con cáncer que se estén tratando con sesiones de radioterapia; a diferencia de los médicos cirujanos y personal médico que sí están expuestos;^{2,3} por esta razón, los médicos y cirujanos intervencionistas tienen que llevar controles periódicos y capacitaciones para cuantificar y evitar estar expuestos a la radiación secundaria. ^{3,4,6,7,14}

En las últimas tres décadas, los avances tecnológicos en robótica han incursionado en la medicina, mejorando la eficiencia de las intervenciones quirúrgicas, el tiempo de operación, mediante operaciones mínimamente invasivas que no dejan grandes cicatrices, mejorando los tiempos de recuperación, entre otros aspectos. ^{8,9,10,11,12,13}

El término COBOT, que proviene de las palabras "Collaborative Robot", se ha descrito como un dispositivo robótico para manipular objetos en colaboración con el operador humano y para asistir en cirugías mínimamente invasivas (Edward *et al.*, 1996). La diferencia entre un COBOT y un brazo robot industrial radica en su menor tamaño. El COBOT posee sensores que le permiten saber cuándo hay obstáculos en la trayectoria de desplazamiento, deteniendo el movimiento para prevenir accidentes. Los COBOTs poseen una interfaz más fácil de entender, permitiendo ser manipulados sin necesidad de un alto nivel de programación o especialización, facilitando que personas de distintas profesiones puedan utilizarlo. Otro punto es el transporte e instalación, pues al ser un robot de menor tamaño, peso, volumen y fácil manejo, puede ser trasladado e instalado en un menor tiempo que un robot industrial lo cual lo convierte en un equipo portátil. ¹⁶

Un beneficio importante de los COBOTs es la precisión, en décimas de mm, lo que permite manipularlo haciendo posible llevar un objeto a un punto preciso y luego quedarse estático hasta que el médico lo requiera.¹³ Uno de los brazos robots para intervenciones quirúrgicas en medicina más conocidos mundialmente es el Da Vinci, que dispone de cinco brazos articulados con distintos tipos de herramientas y controles hápticos que permite al médico sentir la resistencia de la piel o músculo del paciente (Jiahai *et al.*, 2017).

El objetivo de desarrollar y usar un brazo robótico articulado para asistencia en radiología intervencionista es el de reducir la exposición del médico intervencionista a los rayos X e implementar un sistema de manejo fácil y amigable.

MÉTODOS

Descripción del brazo robótico articulado (COBOT)

Posee seis grados de libertad, es decir una base fija y seis articulaciones (J1-J6), los cuales poseen una rotación de $\pm 360^\circ$ y una velocidad de rotación para J1-J4 de $180^\circ/s$, J5 y J6 de $200^\circ/s$; con una repetibilidad de $\pm 0,05$ mm. El COBOT posee un alcance máximo de 590 mm (medido desde el segundo grado de libertad). En la Fig. 1 se puede apreciar una vista 3D del brazo utilizado.

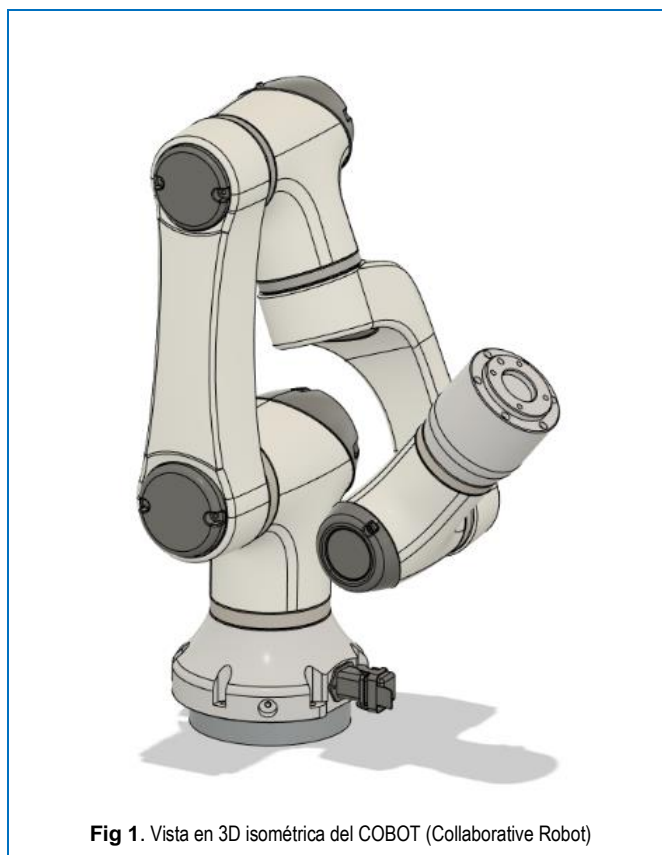


Fig 1. Vista en 3D isométrica del COBOT (Collaborative Robot)

En el último grado de libertad, conocido como efector, se ha incorporado una pinza electrónica que le permite abrir y cerrar para coger objetos, dicha pinza posee una caja de control independiente a la del COBOT, la cual posee un puerto ethernet para comunicación mediante protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol "Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet". TCP/IP es un conjunto de reglas estandarizadas que permiten a los equipos comunicarse en una red como Internet). Adicionalmente, se ha agregado un soporte para cámara web, que se conecta con un ordenador para obtener una vista enfocada en la dirección donde apunta la aguja y un adaptador para sujetar agujas quirúrgicas. Este adaptador posee la forma de la punta de la pinza, permitiendo un encajado y manteniendo la posición de la aguja, que se ajusta mediante un sistema de rosca (Fig 2).

El COBOT está conectado a una caja de control, donde se procesa toda la información enviada al brazo; también está el software de manejo (Fig 3A), que a la vez está conectada a una interfaz gráfica, denominada panel de control o TEACH PENDANT (Fig 3B), de la cual el usuario puede ver información descriptiva del COBOT al igual que configurar y manipular los grados de libertad de cada articulación del brazo. Desde este panel de control se pueden realizar secuencias de movimientos programados. La caja de control posee una computadora que interpreta los comandos del TEACH PENDANT y le envía las señales de movimiento a los motores del COBOT.

Para la manipulación conjunta del brazo y la pinza se usa el microcomputador BEAGLEBONE BLACK (Fig 3C), que posee un procesador AM335x de 1GHz ARM Cortex-A8, memoria RAM de 512 MB DDR3, almacenamiento flash de

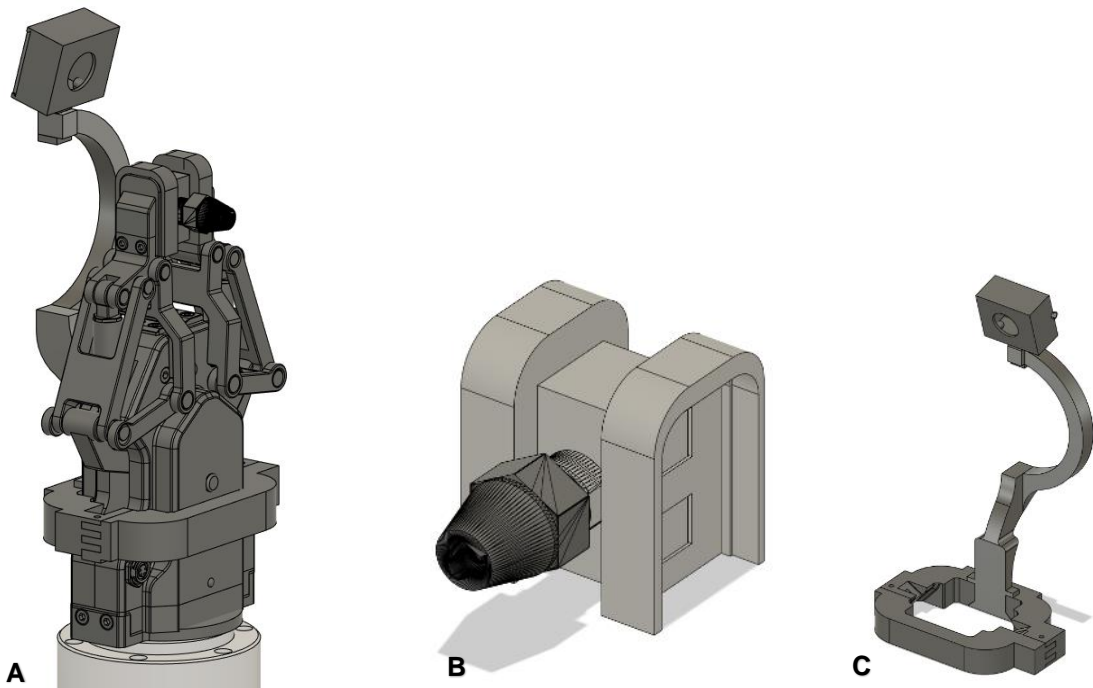


Fig 2. (A) Vista en 3D de la pinza electrónica general. (B) Acople de aguja. (C) Soporte para cámara web digital.

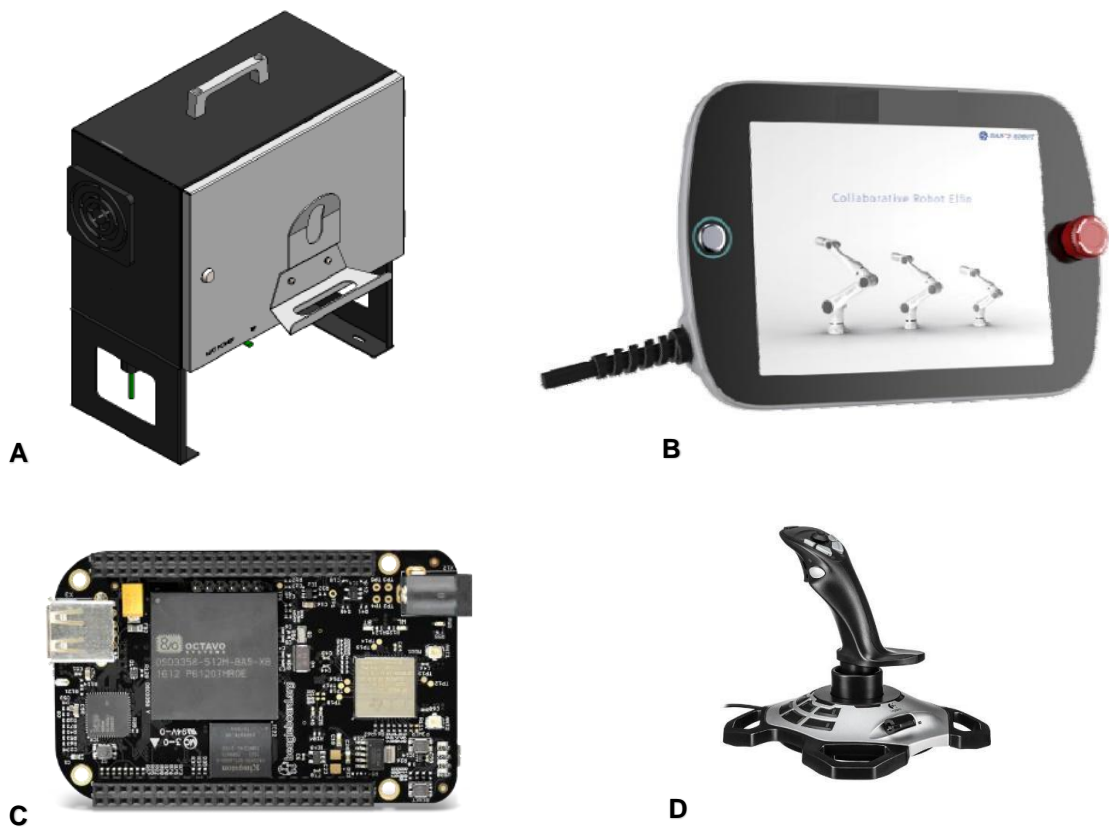


Fig 3. (A) Vista isométrica de la caja de control del COBOT. (B) Vista del TEACH PENDANT o panel de control. (C) Microcomputador BEAGLEBONE BLACK. (D) Imagen del Joystick Logitech Extreme 3D PRO.

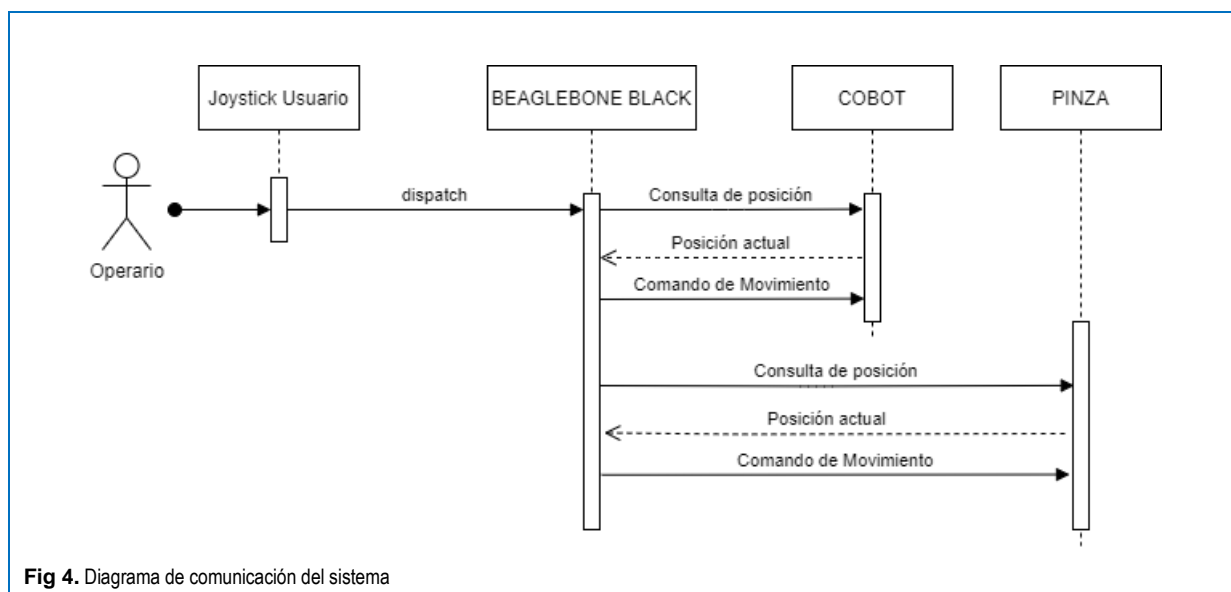


Fig 4. Diagrama de comunicación del sistema

4GB 8-bit eMMC, puerto USB y Ethernet, 64 pines de entrada y salida digital, este dispositivo utiliza un sistema operativo Linux, conectado mediante puerto ethernet a un switch de ethernet donde se comunica con el COBOT y pinza, estos dos últimos están configurados en modo servidor, mientras que el microcomputador en modo cliente. Finalmente, en el puerto USB del microcomputador está conectado un joystick de marca LOGITECH, modelo EXTREME 3D PRO, el cual posee 12 botones programables, un joystick de tres ejes: dos de movimiento laterales y un eje de torsión; un potenciómetro y un sensor HAT switch (Fig 3D).

En la Fig. 4, se muestra una gráfica que indica el flujo de comunicación para realizar un movimiento, que procede de la siguiente manera: El Usuario manipula el joystick, generando una señal de comando recibida por el microcomputador, a continuación, el microcontrolador envía una señal para consultar la posición actual del brazo y

comparar si el movimiento a realizar es posible, de serlo, envía las coordenadas de la nueva posición hacia la pinza y el brazo robótico, ejecutando el movimiento respectivo.

RESULTADOS

Se usó un COBOT tipo brazo robótico que permite al personal médico manipular y dirigir un dispositivo de necesidad terapéutica hacia un punto de entrada y redireccionar su proyección necesaria para alcanzar el punto o de necesidad terapéutica en el paciente.

PROCEDIMIENTO

Fase In Vitro:

En esta fase se usó maquetas de forma y modelo anatómico humano cráneo y columna vertebral sobre las cuales se realiza los siguientes pasos:

1. Acercamiento de la punta del instrumento al punto de entrada periférico.

2. Orientación del ángulo Z, que es la proyección en la cual el instrumento debe progresar para profundidad desde la superficie hasta el punto objetivo
3. Profundización del instrumento en longitud deseada y controlando visualmente con avance regulado a voluntad en segmentos de 0.5mm por pulso

En esta fase se pudo comprobar la efectividad del equipo en cuanto a la comodidad del movimiento luego de una pequeña curva de aprendizaje y adaptación del operador a la manipulación de los dispositivos de control. (Fig 5)

Fase Tejido Animal In Vitro:

Para la realización del experimento en tejido animal *In vitro*, se utilizó una sección de columna de porcino el cual se acomodó sobre una superficie firme, asegurada mediante agujas a la mesa. Este experimento tuvo como objetivo verificar si los movimientos del brazo robótico descritos en la fase anterior cumplen con los requerimientos necesarios para asistir en una intervención quirúrgica, para tal fin, primero se realizaron mediciones de desplazamiento en el eje vertical previamente configuradas en el sistema del brazo, se colocó la aguja sujeta en posición cenital con una regla milimétrica en la parte posterior, se procedió a hacer desplazamientos en los tres ejes en intervalos de 1 mm, registrando la distancia recorrida.

Posteriormente se procedió a realizar una simulación de movimientos para las punciones en la piel del porcino. Esta consistió en ubicar en una posición inicial el brazo robot, mediante el joystick el médico desplazaba la aguja sujeta hacia el punto de entrada inicial, a continuación, se realiza un movimiento rotacional inclinado sobre la punta de la aguja para encontrar el ángulo correcto de entrada. Se observó que la piel del porcino es más dura que la del ser humano, generando resistencia a ser punzado por la fuerza del brazo, esto se solucionó mediante la realización de una incisión de 5 mm en la dermis, en el punto de entrada, una vez realizada esta primera incisión, la aguja se desplaza sin problemas a través del tejido muscular, llegando hasta los



Fig 5. Evaluación del funcionamiento del COBOT con modelo in vitro (maqueta 3D)

huesos de la columna vertebral de la muestra de porcino. Se realizaron varias punciones en distintos puntos de entrada, con distintos grados de inclinación, desplazando en el eje Z de la aguja continuamente para corroborar que la distancia recorrida era la correcta, cumpliendo con el objetivo del experimento. (Fig 6)

Evaluación en Tejido Animal *In Vivo*:

Para la realización de las pruebas con un tejido animal porcino *in vivo* se empleó el Laboratorio Experimental del Hospital del Niño del Ministerio de Salud, Lima Perú, donde se cumple con los protocolos de cirugía experimental

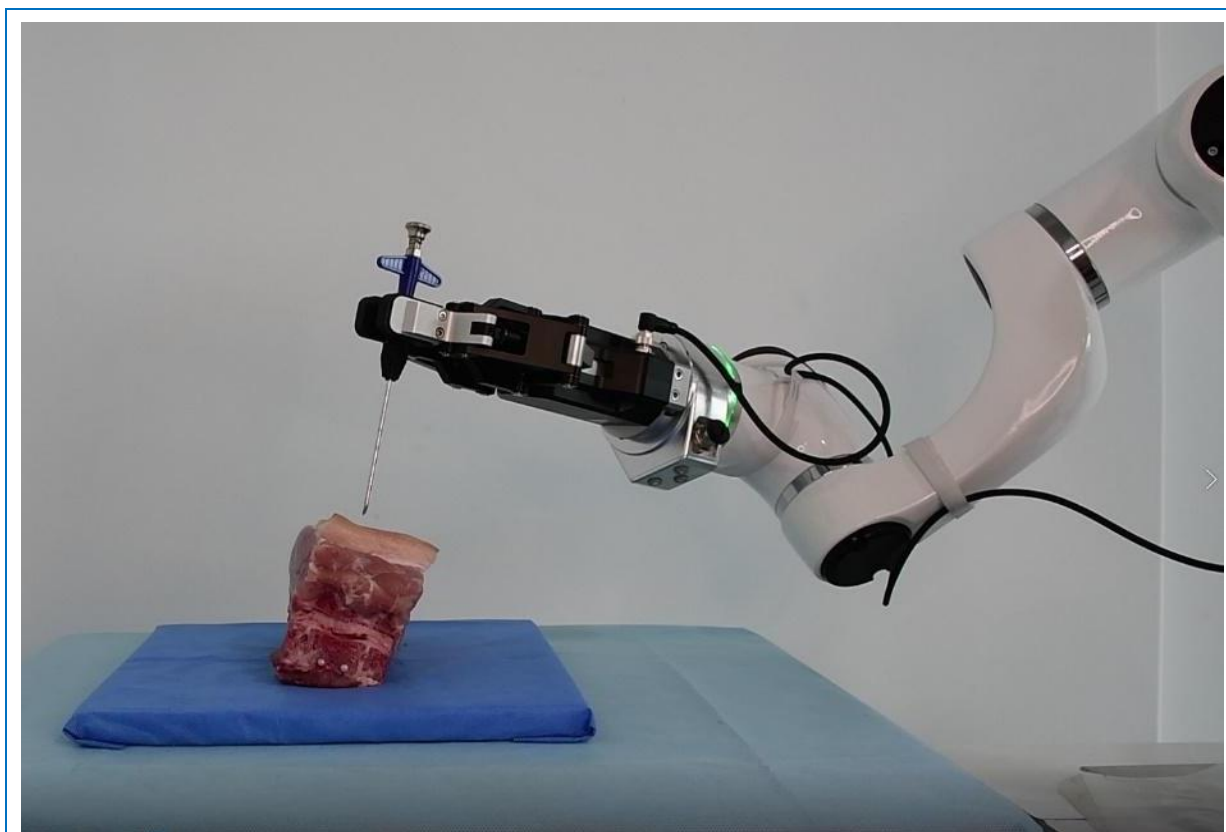


Fig 6. Evaluación del funcionamiento del COBOT en modelo tejido animal in vitro (tejido animal porcino)

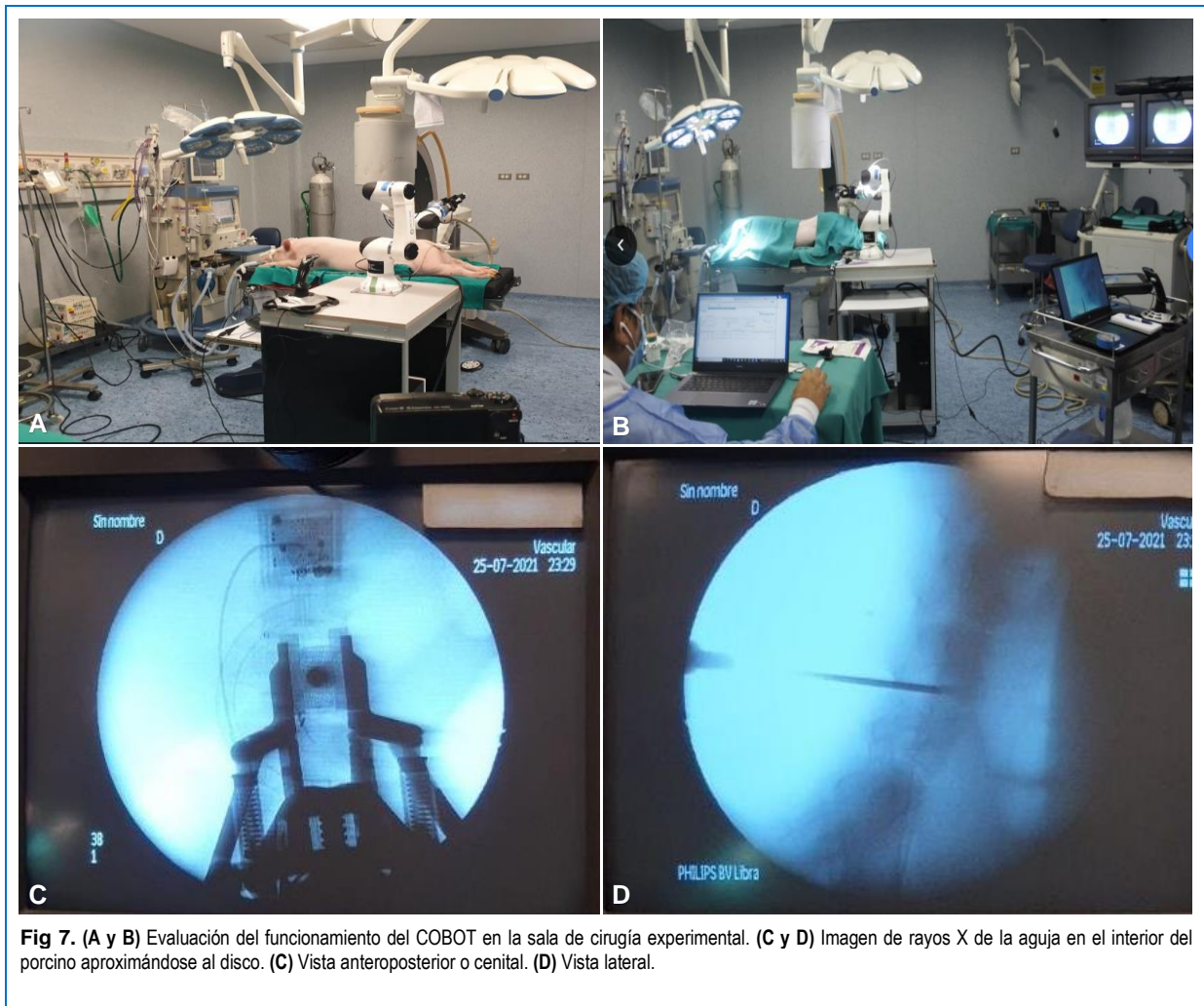


Fig 7. (A y B) Evaluación del funcionamiento del COBOT en la sala de cirugía experimental. (C y D) Imagen de rayos X de la aguja en el interior del porcino aproximándose al disco. (C) Vista anteroposterior o cenital. (D) Vista lateral.

estandarizados. En esta fase se realizaron todos los pasos necesarios que se usan en los procedimientos de intervencionismo radiológico en humanos. En esta prueba el objetivo era realizar los mismos procedimientos que en el tejido *in vitro*, pero a diferencia de la prueba *in vitro*, se utilizó una máquina de rayos X tipo arco en C, en la cual se visualizó el movimiento en tiempo real de la aguja simulando un procedimiento en radiología intervencionista.

Para la realización de esta prueba se contó con la asistencia integral del servicio de *Cirugía Experimental*, la asistencia de un médico veterinario que constantemente monitoreo los signos vitales del porcino, con anestesia general con intubación endotraqueal. Se siguieron los procedimientos estándares de asepsia y antisepsia de una intervención quirúrgica de columna vertebral, buscando como objetivo realizar un procedimiento de disco grafía en múltiples espacios, la aguja debe llegar a ubicarse en el disco intervertebral de la zona lumbar L4- L5.

Se empezó el procedimiento afeitando y esterilizando la zona de operación con el porcino anestesiado y ubicando la máquina de rayos X en su posición inicial de 0°, posición cenital, al igual que la aguja. Se toman capturas de rayos X y se visualizan en el monitor para corroborar que esté alineado; de no estarlo, se procede a hacer el movimiento de rotación orbital sobre la punta de la aguja hasta que se encuentren alineados.

A continuación, se hizo una incisión de 5 mm para que la aguja pueda entrar al tejido del porcino y se comienza con el descenso, constantemente se está aplicando rayos X para observar en el monitor el avance de la aguja dentro del porcino. Para corroborar que esté llegando al disco en la distancia exacta, se rota el arco en C 90 ° para tener una vista transversal de la aguja y la columna del porcino. En la Fig 7, se observa las vistas capturadas del momento, tanto cenital respecto a la aguja, como transversal, se aprecia que la aguja llegó al disco. Una vez llegado a la posición indicada, el médico tiene la opción de abrir la pinza y dejar solo la aguja para continuar con la intervención o que el brazo sostenga la aguja para que no pierda la orientación.

DISCUSIÓN

Un paso importante para la implementación de este COBOT en intervenciones quirúrgicas mínimamente invasivas es permitir su uso como equipo de asistencia en una intervención reemplazando la exposición a radiación del intervencionista para alcanzar el punto objetivo motivo del tratamiento. *Hyun et al.* realizaron un estudio donde se comparó el tiempo de exposición en operaciones de colocación de tornillos pediculares asistido por robots versus una intervención quirúrgica abierta guiada por

fluoroscopia, determinando que la radiación recibida fue menor en los primeros.¹³

La adaptación por parte del médico profesional que realiza la intervención quirúrgica es progresiva y su curva de aprendizaje es empinada, dado que se requiere práctica en el uso del joystick, conocer los movimientos a realizar, así como sus límites, y conocer las funciones completas del COBOT para un mejor manejo, todo ello fue evidenciado en un estudio por Staub et al.¹⁴

Por otra parte, Schatlo et al.¹⁵ en el 2015 detectaron en una investigación en 1265 cirugías de colocación de tornillos pediculares en la columna con asistencia robótica, el número de ensayos necesarios para lograr hacer una intervención correcta, ello se consiguió a partir del caso número 20, lo que implica que los médicos cirujanos deben llevar un entrenamiento continuo para no incurrir en el error a la hora de maniobrar el COBOT.

Dentro de los beneficios que se destacaron con el uso del COBOT en el laboratorio fueron los siguientes:

- Precisión de los movimientos de las articulaciones del COBOT cuando se procede en su manipulación.
- Amplia posibilidad de manipulación para la orientación tridimensional con el propósito de alcanzar el punto objetivo usando sistema de control radioscópico.
- Ajuste y acople del COBOT a la necesidad del sistema de control radiológico por su tamaño reducido, bajo peso y portabilidad.
- Sistema COBOT compatible con la aplicación de rayos X.
- Visualización remota en tiempo real mediante un sistema de cámaras, permitiendo al operador mantenerse alejado del alcance de la radiación secundaria.
- Utilización del sistema de recambio de elementos quirúrgicos de manera automatizada.
- Por intermedio de un puntero láser, el brazo robot articulado podrá hacer una proyección de dónde está apuntando la aguja sujeta en el efector, a fin de que el operario pueda visualizar la trayectoria del brazo; de esta manera, el brazo robot tendrá especificidad en el funcionamiento de su aguja y por lo tanto habrá una menor exposición del médico a los rayos X.

En las desventajas se describen las siguientes:

- Se requiere un sistema de intercomunicación entre la máquina radiológica y el sistema COBOT para una automatización integral del alcance del punto objetivo.
- Se requiere un proceso de entrenamiento para desarrollar dominio práctico del sistema COBOT en el intervencionista.

Se propone la implementación de complementos de asistencia para el COBOT, un ejemplo sería la creación de una montura láser que vaya en el lado de la cámara del brazo, para que el médico desde el centro de mando pueda ver exactamente a donde apunta la aguja. Otra implementación que se desarrolla es la comunicación con el software de los rayos X para obtener la información del ángulo de inclinación del arco en C y se alinee automáticamente, reduciendo el tiempo en la operación.

También se busca la implementación de dos sistemas de cámaras por encima de la aguja, que, mediante procesamiento digital de imágenes, permita generar una imagen estereoscópica en la pantalla e indique la distancia a la que se encuentra la aguja con respecto al paciente, de esta manera se tendría más datos para poder hacer una mejor manipulación del COBOT.

CONCLUSIÓN

Se concluye que es perfectamente posible la implementación de un sistema de robot colaborativo en procedimientos de intervencionismo radiológico donde se realice un abordaje terapéutico mínimamente invasiva, evitando la exposición a radiación secundaria del médico operador intervencionista. Asimismo, el sistema puede permitir al operador una fácil adaptación en el aprendizaje y manejo del COBOT mediante un sistema de comando simplificado y amigable.

ASPECTOS ÉTICOS

Se ha llevado a cabo bajo los protocolos de manejo de modelos de cirugía experimental habilitados en el laboratorio experimental mencionado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, Berrington de Gonzalez A. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin.* 2012 Mar-Apr;62(2):75-100. doi: 10.3322/caac.21132. Epub 2012 Feb 3. Erratum in: *CA Cancer J Clin.* 2012 Jul-Aug;62(4):277. PMID: 22307864; PMCID: PMC3548988.
2. Athwal GS, Bueno RA Jr, Wolfe SW. Radiation exposure in hand surgery: mini versus standard C-arm. *J Hand Surg Am.* 2005 Nov;30(6):1310-6. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.06.023. PMID: 16344194.
3. Singer G. Occupational radiation exposure to the surgeon. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005 Jan-Feb;13(1):69-76. doi: 10.5435/00124635-200501000-00009. PMID: 1571298
4. Bratschitsch, G., Leitner, L., Stückschweiger, G. et al. Radiation Exposure of Patient and Operating Room Personnel by Fluoroscopy and Navigation during Spinal Surgery. *Sci Rep* 9, 17652 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53472-z>
5. Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet.* 2004 Jan 31;363(9406):345-51. doi: 10.1016/S0140-6736(04)15433-0. PMID: 15070562.
6. Blattner TR, Fill UA, Kunz E, Panzer W, Weckbach A, Regulla DF. Skill dependence of radiation exposure for the orthopaedic surgeon during interlocking nailing of long-bone shaft fractures: a clinical study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004 Dec;124(10):659-64. doi: 10.1007/s00402-004-0743-9. Epub 2004 Sep 10. PMID: 15365718.
7. Pires RE, Reis IGN, de Faria ÂRV, Giordano V, Labronici PJ, Belangero WD. The hidden risk of ionizing radiation in the operating room: a survey among 258 orthopaedic surgeons in Brazil. *Patient Saf Surg.* 2020 Apr 22;

- 14:16. doi: 10.1186/s13037-020-00238-6. PMID: 32336990; PMCID: PMC7175580.
8. Davies B. A review of robotics in surgery. *Proc Inst Mech Eng H*. 2000;214(1):129-40. doi: 10.1243/0954411001535309. PMID: 10718057.
 9. Szold, A., Bergamaschi, R., Broeders, I. et al. European association of endoscopic surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc* 29, 253–288 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3916-9>
 10. S.S Sastry, M Cohn, F Tendick, Milli-robotics for remote, minimally invasive surgery, Robotics and Autonomous Systems, Volume 21, Issue 3, 1997, Pages 305-316, ISSN 0921-8890.
 11. Schurr MO, Arezzo A, Buess GF. Robotics and systems technology for advanced endoscopic procedures: experiences in general surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999 Nov;16 Suppl 2: S97-105. PMID: 10613568.
 12. Al-Razgan, Muna & Alfalaj, Lama & Alsarhani, Noha & Alomair, Heba. (2016). Systematic Review of Robotics Use Since 2005. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. 5. 10.18178/ijmerr.5.2.129-132.
 13. Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, et al. Minimally Invasive Robotic Versus Open Fluoroscopic-guided Spinal Instrumented Fusions: A Randomized Controlled Trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017; 42:353-8.
 14. Staub, B. N., & Sadrameli, S. S. (2019). The use of robotics in minimally invasive spine surgery. *Journal of spine surgery* (Hong Kong), 5(Suppl 1), S31-S40. <https://doi.org/10.21037/jss.2019.04.16>
 15. Schatlo B, Martinez R, Alaid A, et al. Unskilled unawareness and the learning curve in robotic spine surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 2015; 157:1819-23; discussion 1823.
 16. ¿Cuáles son las diferencias entre un cobot y un robot industrial? (universal-robots.com)

Aspectos éticos

Se ha llevado a cabo bajo los protocolos de manejo de modelos de cirugía experimental habilitados en el laboratorio experimental mencionado.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores reportan que no existe conflicto de interés en lo concerniente a los materiales y métodos usados en este estudio o a los hallazgos específicos del mismo.

Fuentes de financiación

La presente investigación ha recibido financiación proveniente de agencias del sector público. Convenio N°390-INNOVATEPERU-PIEC2-2019. Supervisión: Dra. Velia Yufra Picardo.

Contribución de los autores

Concepción y diseño: Todos los autores. *Redacción del artículo:* Ortega R, Ortega I. *Revisión crítica del artículo:* Ortega R, Ortega I. *Revisó la versión reenviada del artículo:* Ortega R. *Aprobó la versión final del artículo en nombre de todos los autores:* Ortega R.

Correspondencia

Iván Ortega. Facoseme SAC, Bl. L Nro. S/N Dpto. 302 Urb. Santa Patricia Et 2 (Altura Cdra. 66 Javier Prado Este). Lima 15024, Perú. Correo electrónico: ivan.ortega91@gmail.com