

Rev Soc Esp Dolor
2016; 23(2): 105-114

Nuevo simulador híbrido cadavérico/sintético para la enseñanza de técnicas intervencionistas para tratamiento del dolor refractario

J. C. Flores

Director CAIDBA. EPP Award. Buenos Aires, Argentina. Chairman Latin American Section World Institute of Pain. Director Workshop "Técnicas Intervencionistas para Tratamiento del Dolor Refractario". Jefe de Sección Medicina del Dolor. Clínica San Camilo. Buenos Aires, Argentina

Flores JC. Nuevo simulador híbrido cadavérico/sintético para la enseñanza de técnicas intervencionistas para tratamiento del dolor refractario. *Rev Soc Esp Dolor* 2016;23(2):105-114.

ABSTRACT

This paper introduces a new simulator to be used in the training and evaluation of interventional techniques under fluoroscopic visualization in pain medicine, apt for repeating the most broadly used procedures in the head and neck, trunk, lumbosacral region and pelvis. This simulator is built using cadaveric bones in synthetic transparent material for training in nerve block procedures under combined ultrasonic and fluoroscopic guidance.

The "New Hybrid Simulator" comprises the use of cadaveric bones surrounded by synthetic material resembling human models in a highly realistic manner. The trainees that attended the workshops during 2014 expressed a high degree of satisfaction when comparing this model to practicing on real patients, fresh cadavers and synthetic simulators. The salient features of this development are: repeating the procedures as many times as necessary for each trainee to meet the minimum requirements and reduce the number and type of potential errors in each technique; conducting appropriate training for certification purposes; facilitating the evaluation of efficacy of training using these models as compared to training on real patients or other modalities (simulators or fresh cadavers); improving accessibility given its

low cost, thus avoiding the complexity involved in the preservation of tissues and finally, in the author's opinion reducing the learning curve in a safe setting for patients, trainees, trainers and for the healthcare and university systems at large.

Key words: Simulators in pain medicine, hybrid simulators in pain medicine, simulation and certification, simulation and safety.

RESUMEN

Se presenta un nuevo simulador para el entrenamiento y evaluación de técnicas intervencionistas bajo visión fluoroscópica en medicina del dolor que permite realizar los procedimientos más utilizados a nivel de cabeza y cuello, tronco, región lumbosacra y pelvis. En el trabajo se desarrolló una inclusión de material óseo cadavérico en material sintético versión no transparente color piel y transparente para entrenamiento en bloqueos bajo visión ecográfica y fluoroscópica combinados.

El Nuevo Simulador Híbrido se basó en la inclusión artesanal de material óseo cadavérico dentro de un tejido de material sintético emulando, con elevado realismo, el modelo humano. En la experiencia de los educandos que realizaron los talleres durante el año 2014 expresaron alta satisfacción comparando a pacientes reales, cadáveres frescos y simuladores sintéticos. Este desarrollo permite, como características principales: a) repetir cada procedimiento las veces necesarias para que cada educando alcance un estándar mínimo exigible y disminuya el número y tipo de errores posibles propios de cada técnica; b) entrenar adecuadamente para los procesos de certificación; c) facilitar evaluar la eficacia de entrenar con estos modelos frente al entrenamiento en pacientes reales u otras formas de entrenamiento (simuladores o cadáveres frescos); d) mejorar la accesibilidad por su bajo

Recibido: 2-4-2015.
Aceptado: 4-6-2015.

costo evitando la complejidad de la preservación de tejidos, y e) permitir, en opinión del autor, reducir la curva de aprendizaje en un medio seguro para paciente, educando, docente y el sistema de salud y universitario.

Palabras clave: Simulación en medicina del dolor, simulación híbrida en medicina del dolor, simulación y certificación, simulación y seguridad.

INTRODUCCIÓN

En la formación actual de Médicos Especialistas en Medicina del Dolor los educadores actuales intentan adecuar los procesos de capacitación y entrenamiento para responder a los desafíos que representa el creciente número y complejidad de las técnicas intervencionistas. La dificultad es mayor debido al tiempo limitado de formación, escasa disponibilidad de pacientes por cada educando y la necesidad de evaluación para certificar a nuevos profesionales que deben asistir a pacientes reales que dan su consentimiento (1,2).

Las universidades, la industria tecnológica y las sociedades científicas han encarado el problema de la educación médica utilizando como puente para zanzar esta brecha educativa la incorporación de la simulación como un recurso que intenta reemplazar varios prototipos de pacientes y escenarios de entrenamiento sin exponer pacientes progresivamente reticentes y, a su vez, permitiendo las repeticiones necesarias y certificaciones en escenarios muchas veces imposibles de reproducir en la vida real (1-4).

De este modo, el entrenamiento con simuladores está tratando de mitigar la brecha señalada entre la formación teórica y el entrenamiento práctico.

Como la educación con simuladores, cadáveres frescos, *training devices*, preparados anatómicos y diversos modelos tratando de ocupar el lugar del paciente real están alcanzando importante prevalencia, se hace necesario determinar cuánto impactan los resultados de la atención médica y verificar, en estudios de evidencia, la validez de las técnicas educativas escasamente evaluadas hasta el presente.

Dentro de las áreas donde el entrenamiento se ha demostrado deficitario es posible, con simuladores, entrenar específicamente para corregir ese déficit y buscar un resultado final más estándar, o sea, con menor variabilidad. Un ejemplo valioso en este sentido ha sido el manejo de situaciones críticas inesperadas que requieren resucitación cardiopulmonar, o eventos críticos en anestesiología, algoritmos de vía aérea difícil, manejo de escenarios de trauma, shock hemorrágico, hipertermia maligna, entre muchos otros que pueden o no presentarse de manera aleatoria durante el periodo de tiempo de una residencia, pero que en el simulador se pueden programar y repetir las veces necesarias hasta que el alumno alcance los resultados mínimos exigidos (5-9).

Levine y cols., en búsqueda de evidencia, realizaron una investigación y confirmaron que el entrenamiento con simuladores para realizar la cirugía laparoscópica mejoraba la performance de los residentes (3). Estos test demostraron que el entrenamiento con simulación mejoraba el conocimiento médico, el confort durante los procedimientos y en la performance cuando se realiza reevaluación en escenarios simulados. De este modo, al disponer de simuladores se podría realizar entrenamiento a demanda compensando el posible déficit de paciente en patologías menos prevalentes durante el periodo de formación. Según Gordon JA, Pawlowski J, del programa de simulación médica del Harvard Medical School de Massachusetts, todos sus estudiantes pueden tener, desde los escenarios simulados, el caso apropiado para enseñanza, o *good teaching case*, como prototipo para entrenar en la situación médica por compleja que sea. Este punto singular pone énfasis en que no alcanza para entrenar en forma efectiva disponer de un paciente real, un cadáver fresco o un simulador realista, sino que el mismo *debe ser apropiado para lo que se pretende transmitir o entrenar al educando* (5).

Muchas veces el entrenamiento en seres vivos tiene limitaciones, además de la dificultad de la repetición del procedimiento y que el paciente pueda otorgar la licencia a que lo realice sólo un aprendiz. Algunos pacientes no son modelos adecuados y son reales, pero no permiten el entrenamiento realista porque no son un caso típico o promedio y no permiten ganar experiencia por ser una parte de la muestra que se encuentra en los extremos de la campana de GAUS y lo puede y debe realizar el instructor experimentado.

Las cualidades del principal recurso didáctico que es el paciente o alguno de sus sustitutos (cadáver fresco o simulador) impacta la eficiencia de la curva de aprendizaje para alcanzar un nivel efectivo de entrenamiento.

El estudio de Friedman analiza la influencia de la enseñanza con Simuladores de Anestesia Epidural con modelos de diferente fidelidad sobre la extensión de la curva de aprendizaje (10).

La curva de aprendizaje es una etapa inevitable del entrenamiento en que el educando realiza repeticiones y perfecciona la técnica hasta identificar, prevenir y minimizar los posibles errores propios de cada técnica. Esto transcurre en un periodo de tiempo que es afectado por múltiples factores, como la prevalencia y la complejidad de la patología, el tiempo de formación de la residencia, el número de residentes que compiten por el caso en cuestión, fortaleza y madurez emocional del residente, el riesgo del paciente que es expuesto y, además, el número y capacidad de los instructores para proporcionar el grado apropiado de supervisión.

Sin duda, cuando el modelo simulado de entrenamiento es realista y reproduce suficientes elementos del escenario real y puede aportar los casos necesarios para todos

los residentes, requiere menos supervisión al no exponer los pacientes, al disminuir el miedo a cometer errores y permitiendo investigar alternativas considerando que no se expone a un paciente, como señala Friedrich en *JAMA*, y se da lugar a un entrenamiento libre de riesgos y con mayor creatividad o riesgo “0”, como señala Duncan en *Chest*. Finalmente, permite completar el entrenamiento en todas las entidades nosológicas al margen de la suficiencia de pacientes (11,12).

Fried dijo que la tecnología de simulación en cirugía laparoscópica se ha desarrollado en respuesta a la necesidad de enseñar habilidades quirúrgicas fundamentales en un medio seguro. Esta afirmación puede hacerse extensiva al manejo de muchas situaciones complejas que atraviesan toda la medicina (13-21).

La mayoría de los simuladores que se han desarrollado han sido tecnologías costosas y algunos investigadores han desarrollado “alternativas caseras” (22-25). El estudio de Hamstra, publicado en *Reg Anesth Pain Med*, ha demostrado que con los modelos de baja fidelidad se han logrado buenos scores de performance y *checklist* similares a los modelos de alta fidelidad (26-28).

HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS PRINCIPALES PARA ENSEÑANZA DE TÉCNICAS INTERVENCIONISTAS

El entrenamiento en muchas técnicas intervencionista sufre limitaciones, al igual que en otras áreas de la especialización médica, por lo difícil y riesgoso de colocar por primera vez agujas próximas a ramas del trigémino rodeadas de estructuras nobles del SNC, el PHS próximo al carrefour aórtico, el espacio epidural cervical en estrecha relación con la médula espinal, los nervios espláncnicos y sus adyacencias y, así, muchas otras estructuras que generan riesgos potencialmente significativos. A su vez, *entrenar en el ámbito de la exigencia académica universitaria* no debe, y no sería aconsejable, que dejase de significar ensayar o reproducir una práctica un número suficiente de veces para que la certificación o título otorgado sirva como garantía, o un grado de prueba que el profesional es indiscutiblemente idóneo.

En los últimos 30 años ha alcanzado reconocimiento el uso de cadáveres frescos para la enseñanza de muchas técnicas con el *realismo de utilizar material humano* ante las dificultades obvias del uso de modelos vivos o de pacientes.

Con la colaboración de maestros como Gabor Racz, Nilesh Patel y Octavio Calvillo, el autor dirigió el VIII Curso Internacional de la Fundación Dolor en la Ciudad en Buenos Aires, este workshop fue pionero en Latinoamérica hace 15 años para la enseñanza de técnicas intervencionistas con cadáveres frescos bajo visión fluoroscópica, y luego pudo repetirlos numerosas veces en todos estos años. Ellos y muchos otros líderes han impulsado la misma metodología

con cadáveres frescos en numerosos países. Es innegable que esta modalidad educativa ha cumplido y sigue teniendo un rol importante para talleres de refresco de técnicas. Tal es así que, en centros internacionalmente prestigiosos, se organizan exámenes para certificación con cadáveres frescos alcanzando una suerte de estándar aunque, como se mencionó, no ha sido sometida la validez de tal metodología a estudios de evidencia “durante el periodo de formación del experto” hasta el momento.

El trabajo con cadáveres frescos tiene la ventaja de utilizar el modelo humano y permite repetir los procedimientos y revisar cada una de las etapas, como en los simuladores, con la ventaja del absoluto realismo que implica ser material humano. Por otra parte, tiene entre sus limitaciones que requiere la disponibilidad de suficientes cadáveres frescos para entrenar a todos los profesionales necesarios, además de infraestructura costosa para preservación de los mismos, gente especializada en los procesos de preparación y mantenimiento y extremar cuidados de historia clínica que eviten que efluentes cadavéricos insuficientemente estudiados en laboratorio medicinal puedan exponer a los estudiantes, a los profesionales o al personal asistente con poca experiencia a potenciales contagios de enfermedades no estudiadas. El entrenamiento se realiza en el cadáver fresco que se encuentra disponible y no es posible modificar el material; puede ser en muchos casos de buena calidad y un ejemplo apropiado para entrenamiento y, a su vez, puede presentar en tantos otros limitaciones por no ser un caso que permita extrapolar a la mayoría de los casos por tener variantes anatómicas específicas. Una limitación adicional puede surgir al preservar la fascie o cara por su posible reconocimiento que puede derivar en cuestionamientos humanísticos y/o religiosos relacionados a la preservación de la identidad.

Por otra parte, a pesar de la bibliografía aportada en esta publicación (29-38), en opinión del autor los simuladores disponibles en la actualidad para la práctica de bloqueos no han aportado el realismo necesario para permitir o imaginar una extrapolación al escenario real y no ha logrado ser reconocida como una formación realista equivalente a los cadáveres frescos. Han sido valiosos para alcanzar habilidades y aprendizaje en la práctica de técnicas, y también en el manejo de materiales “en principiantes”, pero no en reconocer blancos anatómicos reales por ser los modelos existentes en el mercado demasiado esquemáticos y además alejados de provocar sensaciones, como reconocer el manejo de tejidos en un paciente real.

La diferencia principal no se basa en las sensaciones al punzar los tejidos porque, en la mayoría de los casos, el material cadavérico puede, asimismo, distar de ser realista por estar excesivamente envejecido, traumatizado, deshidratado, a veces semicongelado, y puede corresponder a variable grupo etario pero, sin embargo, conserva su utilidad porque *su similitud al humano se confirma solamente a través de la identificación de su parte ósea, siendo que*

los bloqueos se realizan bajo visión fluoroscópica. En consecuencia, la diferencia mayor entre los modelos vivos, preparados cadavéricos y los simuladores no se encuentra en el tejido no óseo, y que éste tiene, aun en condiciones normales, notables variaciones.

Si la técnica involucra la visualización o identificación de partes blandas y no se observan músculos, vasos, nervios, fascias o tendones, el modelo no será útil si no cuenta con dichos elementos. En caso de que la técnica involucre visualización de partes óseas como corresponde a los procedimientos de tratamiento del dolor bajo fluoroscopia, la visualización de piezas anatómicas óseas idénticas a las humanas, o que sean partes óseas propiamente humanas, es indispensable y suficiente para que el entrenamiento tenga validez y sea efectivamente realista (37-49).

EVOLUCIÓN DE LA MEDICINA DEL DOLOR Y LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DIDÁCTICOS

La medición de la eficacia de la educación médica debe considerar los nuevos recursos que se suceden en los últimos años incorporando modernas tecnologías que, a través de la simulación, como se mencionó previamente, buscan atenuar el gap entre la teoría y la práctica (50-53).

La historia contemporánea de la Medicina del Dolor ha evolucionado con los cambios de la Anestesiología, y se pueden considerar como principales referencias en la primera mitad del siglo xx la clínica del dolor de John Lundy, las enseñanzas de John Bonica de bloqueos diagnósticos y terapéuticos en la residencia de anestesiología y, en las últimas décadas, los talleres en cadáveres frescos de Gabor Racz y Prithvi Raj, entre otros. Desde los primeros bloqueos con el desarrollo de la anestesia regional hasta nuestros días, estos colegas y muchos de sus numerosos discípulos desarrollaron más de 140 técnicas intervencionistas para el tratamiento del dolor (54-63).

Los consejos de expertos indicaron que para autorizar su ejecución (certificación, especialización o experticia) era preciso entrenarse por un espacio de tiempo en un determinado contexto que se reconoció como residencia o fellow, que definía el ámbito y sus actividades donde el médico ejercía cerca de sus maestros (supervisión) para realizar sus primeros pasos, cuidar su adquisición de conocimientos y madurar su destreza técnica hasta realizar, bajo su propia responsabilidad, de un modo seguro y habiendo sido evaluado durante dicho proceso e incluso poder llegar a supervisar el aprendizaje de otros hasta alcanzar finalmente el reconocimiento de ser calificado como par, un profesional. *Éste ha sido el paradigma de todas las residencias médicas.*

Durante ese proceso y bajo supervisión, el educando debía copiar, imitar, emular al maestro y, en ese escenario, también copiado o simulado de las situaciones posibles a

afrontar, intentando hacer las tareas como su maestro. El material humano que permite el entrenamiento durante la residencia médica representa la síntesis del conjunto de pacientes que deberá saber manejar desde entonces.

El conflicto surge en que la “disponibilidad de recursos didácticos equivalentes a los pacientes reales” en los programas de formación a nivel global para que los médicos expertos lleguen suficientemente entrenados a un examen de certificación ha sido, hasta nuestros días, extraordinariamente limitada.

Al margen de las características del programa de entrenamiento, el tiempo de formación, el número de técnicas, la pluralidad de patologías que maneja el centro en cuestión y el número de residentes y de supervisores, sin duda uno de los principales cuellos de botella es el número de pacientes con las patologías a tratar que pueden ser abordados por todos los médicos aspirantes a ser certificados. *Esta aparente controversia respecto a la “limitada disponibilidad de pacientes” se ha generado por la diversidad de profesionales de la salud que anuncian asistir pacientes con dolor y, de ese modo, diversifican y escamotean ante los ojos del paciente y los sistemas de formación la existencia de una atención especializada donde los médicos aprenden técnicas para tratar “dolores refractarios”.*

¿Existen suficientes pacientes con patologías específicas para preparar nuevos especialistas considerando el grosero déficit de RRHH en esta área para formar nuevos expertos y para asistir la población en el contexto actual? El estudio de Harald Breivik demostró cuán alarmante es la respuesta a esta pregunta: el problema es gigante, ya que sólo el 2 % de la población Europea en 2006 era asistida por profesionales especializados; este estudio nos pone a la vista que las universidades en todo el mundo deberían organizar la capacitación de los médicos en general y el entrenamiento de especialistas que luchen contra este flagelo con una metodología evolucionada como la que ha sido idónea en las otras especializadas médicas o desarrollar nuevas metodologías, considerando la evolución de las tecnologías educativas (64-66).

Denton Cooley, Christian Barnard, Rene Favaloro, Menno Sluijter, John Bonica y Gabor Racz se entrenaron en pacientes reales y en salas de preparados anatómicos. Estos fueron suficientes y justificaron sobradamente que aquellos pacientes les cedieran sus cuerpos para transformarse en líderes mundiales.

Claramente, el costo y el riesgo de la exposición de la vida o la salud humanas durante el proceso de entrenamiento de médicos que dejan de ser inexpertos para transformarse en profesionales es el tema de análisis al considerar no sólo formas de entrenamiento, sino también formas de evaluación que permitan extrapolar sus resultados para habilitar a los expertos certificados para que, después de superado dicho proceso, puedan anunciarse como expertos en determinada técnica cuando nunca han asistido a un paciente

real, máxime en el escenario actual de baja tolerancia y creciente litigiosidad.

DESARROLLO DEL NUEVO SIMULADOR HÍBRIDO CADAVÉRICO/SINTÉTICO

La propuesta del presente simulador híbrido desde el Centro Médico CAIDBA se basó en los conceptos precedentes, considerando las dificultades expuestas de los cadáveres frescos y las limitaciones de los simuladores sintéticos existentes. Se entendió que un nuevo simulador no debía limitarse a una nueva copia del esqueleto como otra maqueta o prototipo. De este modo, se realizó la inclusión de un esqueleto óseo cadavérico humano dentro de material sintético (siliconas, caucho, poliuretano y otros) como tejido no óseo. A esta asociación de materiales le cabe la denominación de híbrido, combinando partes cadavéricas y partes sintéticas (Figura 1).

El autor considera que el desarrollo de este modelo de simulador híbrido podría facilitar el acceso al entrenamiento en técnicas intervencionistas y disminuir la complejidad y costos de preservación de cadáveres frescos o la compra de simuladores sintéticos costosos. Asimismo, permitiría organizar el programa de entrenamiento sin límites de tiempo porque el preparado no se descompone ni emite olores, y no necesita regresar a una nevera para su preservación. La imitación, emulación, admiración y repetición copiando al maestro durante el entrenamiento asistiendo pacientes son los términos que históricamente han regido la relación del alumno y el maestro, y la simulación del paciente debe permitir realizar el entrenamiento de un profesional trabajando sobre esos mismos parámetros.



Fig. 1. Nuevo simulador híbrido. Separado en 3 regiones topográficas para facilitar su manejo en talleres simultáneos, traslado y almacenamiento: cabeza y cuello proximal, cuello medio e inferior y tórax y lumbar, sacro y pelvis completa.

El entrenamiento hospitalario con pacientes reales tiene, entre otras limitaciones, que el paciente permite ser punzado una sola vez por un solo educando y, para que ello ocurra, éste debe generar cierta confianza en su instructor para que le pueda delegar tal acción y, a su vez, implica tomar riesgos reales que un paciente debe aceptar o rechazar y que en las situaciones complejas es el supervisor quien debe realizar el acto para no exponer más allá de lo razonable al paciente.

El uso de simuladores permite repetir el proceso numerosas veces, modificar partes o etapas del mismo, discutir cómo se está haciendo una práctica y evaluar los riesgos de cada paso y volver a intentarlos. Se puede ensayar en casos típicos y además en distintas patologías preparadas en el modelo y no sólo en un modelo estándar.

El simulador híbrido utilizado para entrenamiento en técnicas intervencionistas bajo visión fluoroscópica fue ensayado frente a material cadavérico fresco y al simulador Kip Kohrman, que es un modelo completamente sintético. Se realizaron 2 Workshop de 8 colegas cada uno para enseñar técnicas intervencionistas a médicos expertos en medicina del dolor aspirantes a someterse al examen para FIPP. Las prácticas ensayadas son las 24 prácticas más utilizadas divididas en grupos de cabeza y cuello, tórax, lumbar y pelvis. El resultado de la aplicación del nuevo simulador generó alto nivel de satisfacción y preparación adecuada para quienes aplicaron para la certificación ante el tribunal del WIP, y alta aceptación para quienes habían realizado previamente talleres con cadáveres frescos y simuladores sintéticos. El consenso comparativo con los educandos que evaluaron el presente modelo, todos expertos en técnicas intervencionistas, se presenta en la Tabla I.

La experiencia con el simulador híbrido fue de alta satisfacción en la experiencia práctica y de elevado realismo en la calidad de las imágenes que guían los procedimientos (Figuras 2 a 5).

Con el nuevo simulador en un modelo de silicona transparente a la ultrasonografía se pudo ensayar técnicas híbridas, como bloqueos facetarios o transforaminales, haciendo el acercamiento bajo visión ecográfica y dejando 1 o 2 disparos de fluoroscopia para confirmar la posición final de la aguja y así disminuyendo significativamente la exposición a la radiación ionizante. Así, la educación con simuladores puede ajustar el entrenamiento para la realización de procedimientos más seguros (Figuras 6 a 8).

En la opinión del autor, con simuladores en el entrenamiento de técnicas intervencionistas se podría aportar un contexto más seguro para los procesos de evaluación y certificación similar a su aplicación en algunas residencias de Anestesiología (67,68).

Con la introducción del nuevo simulador híbrido se confirma que se puede preparar material sintético que hace las veces de tejidos humanos y hace posible modificar su resistencia, dureza y las características necesarias de los

TABLA I
COMPARATIVA DE HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS PARA ENTRENAMIENTO DE TÉCNICAS EN DOLOR

Modelo	n.º de punciones permitidas vs. curva de aprendizaje	n.º de educandos por taller	Costos	Deterioro con múltiples punciones	Vida útil	Riesgo infeccioso	Procedimientos posibles	Horas de enseñanza en Taller	Necesidad de métodos de preservación
<i>Paciente real</i>	1 o 2 por procedimiento Alarga curva de aprendizaje	Limitado. Cada paciente da una oportunidad por grupo de educandos	No determinados	No es posible múltiples punciones	No clasifica	Existe. Conocido	Acorde a la casuística del centro médico	Lo que dura un procedimiento	No
<i>Preparado cadavérico</i>	No es útil salvo para estudio de piezas	Casi ilimitado. Para estudio de piezas	Bajo	No clasifica	No clasifica	Desconocido	De acuerdo al preparado	No clasifica	Sí. Bajo costo
<i>Cadáver fresco</i>	Múltiples. Acorta curva de aprendizaje	Se puede capacitar en talleres grupales donde todos pueden punzar el espécimen	Alto por costo de preservación y dificultad de adquisición	Se deteriora y se modifica después de horas o semanas	Meses	Posible. Deben ser estudiados en cada centro anatómico de preservación	Todas las técnicas de acuerdo a calidad del espécimen	6 a 8 h. Luego puede generar olores y requiere volver a la nevera para evitar descomposición	Sí. Alto costo
<i>Simulador sintético</i>	Múltiples. Acorta curva de aprendizaje	Se puede capacitar en talleres grupales donde todos pueden punzar el simulador	Moderado a alto. Determinado por valor de materiales y valor de mercado	Mínimo deterioro y se pueden cambiar componentes	Años	Nulo	Con excepción del cráneo se pueden realizar todos los bloques. Posible de preparar modelos más completos	No es limitante	No
<i>Simulador híbrido cadavérico/sintético</i>	Múltiples. Acorta curva de aprendizaje	Se puede capacitar en talleres grupales donde todos pueden punzar el simulador	Bajo. Determinado por valor de materiales y valor de mercado	Mínimo deterioro y se pueden cambiar componentes	Años	Nulo	Todas las técnicas sin excepción y con posibilidad de programar modelos de patologías complejas	No es limitante	No

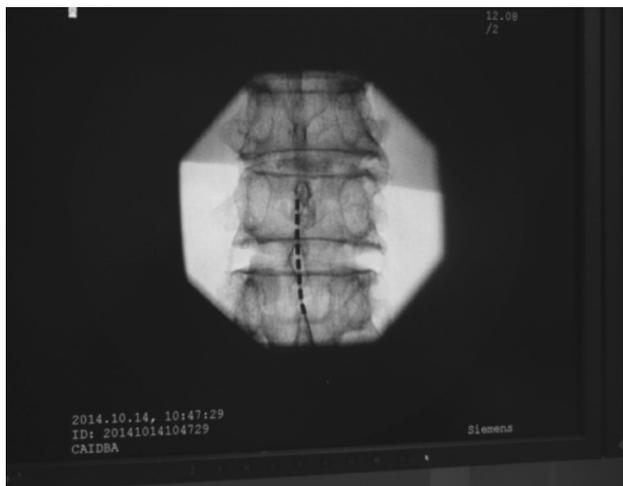


Fig. 2. Electrodo de neuroestimulador en el nuevo simulador híbrido.

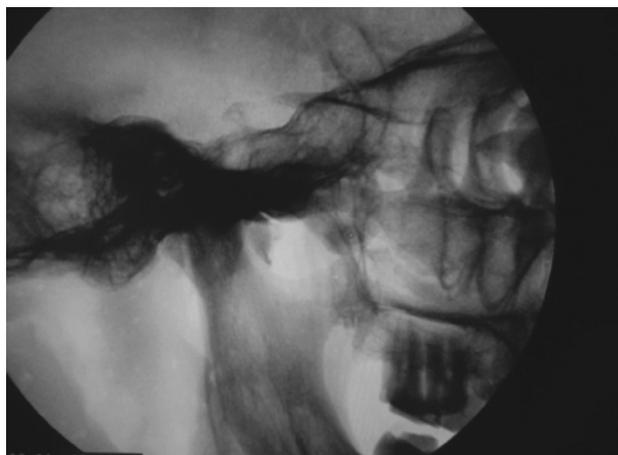


Fig. 5. Bloqueo visión túnel de fosa pterigopalatina en el nuevo simulador híbrido.



Fig. 3. Discografía en el nuevo simulador híbrido.

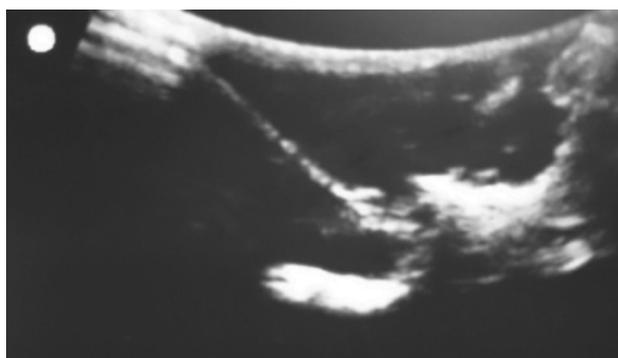


Fig. 6. Bloqueo facetario en el nuevo simulador híbrido con aguja de punta curva.



Fig. 4. Bloqueo facetario en el nuevo simulador híbrido.

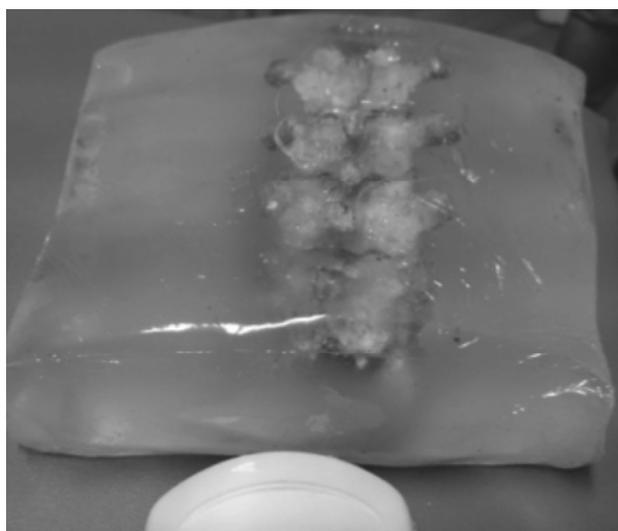


Fig. 7. Simulador para bloqueo con inclusión de hueso humano en tejido sintético permeable al ultrasonido.

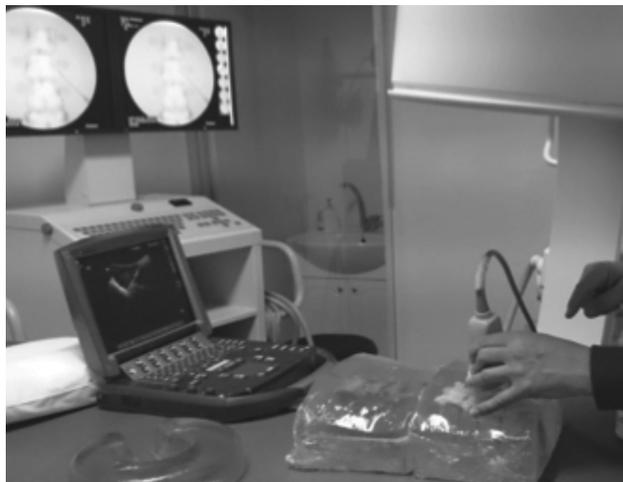


Fig. 8. Procedimiento combinado (Fluoro/US) con nuevo simulador híbrido. Abordaje transforaminal de GRD (US + Fluoro).

componentes no óseos del modelo hasta provocar una emulación de elevado realismo.

También se puede disponer en la actualidad de tecnologías scanner 3D e impresión 3D para el desarrollo de modelos copiados de distintas estructuras orgánicas como cráneos, columnas, pelvis, costillas, escápulas, rodillas, además de distintos tejidos permeables o impermeables al ultrasonido, transparentes o con colores símil humanos. Ahora estamos desarrollando modelos sintético/sintético para realizar bloqueos en simuladores con copias exactas de componentes de la columna enferma con distintas entidades (escoliosis, fractura aplastamiento, listesis, espondiloartrosis) en que es necesario desarrollar una pericia especial (Figura 9).

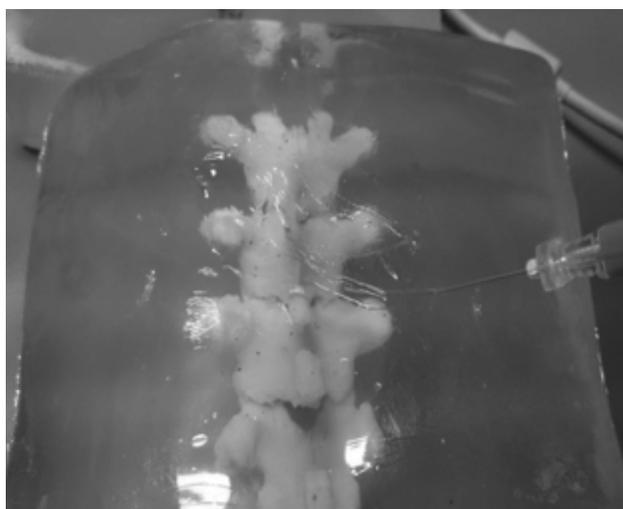


Fig. 9. Inclusión de réplica ósea sintética en tejido sintético permeable a US.

CONCLUSIÓN

Con la inclusión ósea cadavérica en cuerpo sintético se logró concretar una experiencia realista utilizando también el “modelo humano” y llevar a cabo nuestras primeras prácticas en el Nuevo Simulador Híbrido cadavérico/sintético para enseñanza de bloqueos y los tratamientos intervencionistas más sofisticados del dolor bajo fluoroscopia y bajo ultrasonografía.

Finalmente, la introducción de la simulación híbrida (cadáver/sintético) para la enseñanza de técnicas intervencionista para tratamiento del dolor refractario en la propuesta del autor promueve como probable mejora a confirmar en otros estudios:

- Facilitar el acceso a un modelo alternativo que permita un entrenamiento realista.
- Repetir cada procedimiento las veces necesarias para que cada educando alcance un estándar mínimo exigible para superar los procesos de evaluación.
- Reducir a un nivel aceptable las complicaciones inherentes a errores técnicos.
- Permitir a través de su realismo ensayar o investigar y comparar técnicas previas a su aplicación en el hombre.
- Facilitar el desarrollo de modelos con alteraciones y patologías óseas simuladas como escoliosis o listesis.
- Investigar la eficacia de entrenar con estos modelos fácilmente repetibles frente al entrenamiento en pacientes reales.
- Disponer de material de entrenamiento en todas las universidades que no sufran limitaciones de número o de variedad de entidades patológicas.
- Mejorar la accesibilidad por su bajo costo, evitando la complejidad de la preservación de tejidos.
- Evitar dificultades por cuestiones humanísticas, legales o religiosas al utilizar especímenes humanos completos cadavéricos por cuestiones de identidad.
- Evitar la barrera obligada del consentimiento informado en “pacientes reales” en el entorno hospitalario que sólo admite una punción absolutamente perfecta o efectiva por paciente.
- Entrenar en la práctica de técnicas híbridas, combinando ecografía y fluoroscopia para reducir la exposición a la radiación ionizante. Así, el simulador puede contribuir para que el entrenamiento puede hacer más segura la educación y la asistencia.
- Y, finalmente permitir, en opinión del autor, reducir la curva de aprendizaje en un medio seguro para paciente, educando, docente y el sistema de formación.

CORRESPONDENCIA:

Juan Carlos Flores

jcflores.caidba@gmail.com

BIBLIOGRAFÍA

- Paradise LA, Raj PP. Competency and certification of pain physicians. *Pain Pract* 2004;4(3):235-44.
- Raj P. Educación y certificación. En: Flores JC (ed). *Medicina del dolor. Perspectiva internacional*. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 49-55.
- Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, Jacobson L, Quinones J, Shen B, Levine AI. The utility of simulation in medical education: What is the evidence? *Mt Sinai J Med* 2009;76(4):330-43.
- Blum RH, Boulet JR, Cooper JB, Muret-Wagstaff SL; Harvard Assessment of Anesthesia Resident Performance Research Group. Simulation-based assessment to identify critical gaps in safe anesthesia resident performance. *Anesthesiology* 2014;120(1):129-41.
- Gordon JA, Pawlowski J. Education on-demand: The development of a simulator-based medical education service. *Acad Med* 2002;77(7):751-2.
- Cheng A, Brown LL, Duff JP, Davidson J, Overly F, Tofil NM, et al. Improving cardiopulmonary resuscitation with a CPR feedback device and refresher simulations (CPR CARES Study): A randomized clinical trial. *JAMA Pediatr* 2015;169(2):137-44.
- Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM, Philip JH, Small SD, Feinstein D. Anesthesia crisis resource management: Real-life simulation training in operating room crises. *J Clin Anesth* 1995;7(8):675-87.
- Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J*; 2008;84(997):563-70.
- Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Quad Saf Health Care*; 2004;13 Suppl 1:i2-10.
- Friedman Z, Siddiqui N, Katznelson R, Devito I, Bould MD, Naik V. Clinical impact of epidural anesthesia simulation on short- and long-term learning curve: High- versus low-fidelity model training. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34(3):229-32.
- Friedrich MJ. Practice makes perfect: Risk-free medical training with patient simulators. *JAMA* 2002;288(22):2808, 2811-2.
- Duncan DR, Morgenthaler TI, Ryu JH, Daniels CE. Reducing iatrogenic risk in thoracentesis: Establishing best practice via experiential training in a zero-risk environment. *Chest* 2009;135(5):1315-20.
- Issenberg SB1, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Med Teach* 2005;27(1):10-28.
- Fried GM. Lessons from the surgical experience with simulators: Incorporation into training and utilization in determining competency. *Gastrointest Endosc Clin N Am*; 2006;16(3):425-34.
- Ti LK1, Tan GM, Khoo SG, Chen FG. The impact of experiential learning on NUS medical students: Our experience with task trainers and human-patient simulation. *Ann Acad Med Singapor* 2006;35(9):619-23.
- Epstein RM. Assessment in medical education. *N Engl J Med* 2007;356(4):387-96.
- Cooper JB, Singer SJ, Hayes J, Sales M, Vogt JW, Raemer D, et al S. Design and evaluation of simulation scenarios for a program introducing patient safety, teamwork, safety leadership, and simulation to healthcare leaders and managers. *Simul Healthc* 2011;6(4):231-8.
- Price JW, Price JR, Pratt DD, Collins JB, McDonald J. High-fidelity simulation in anesthesiology training: A survey of Canadian anesthesiology residents' simulator experience. *Can J Anaesth* 2010;57(2):134-42.
- Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2011;306(9):978-88.
- Ilgen JS, Sherbino J, Cook DA. Technology-enhanced simulation in emergency medicine: A systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2013;20(2):117-27.
- van Dijk N, Hooft L, Wieringa-de Waard M. What are the barriers to residents' practicing evidence-based medicine? A systematic review. *Acad Med* 2010;85(7):1163-70.
- Bellingham GA, Peng PW. A low-cost ultrasound phantom of the lumbosacral spine. *Reg Anesth Pain Med* 2010;35(3):290-3.
- Lerman IR, Souzdanitski D, Narouze S. A low-cost, durable, combined ultrasound and fluoroscopic phantom for cervical transforaminal injections. *Reg Anesth Pain Med* 2012;37(3):344-8.
- Inoue S, Fujiwara A, Watanabe K, Hashizume K, Furuya H. Inexpensive phantom for fluoroscopy guided nerve block training. *Pain Med* 2008;9(7):863-5.
- Cook DA, Beckman TJ. High-value, cost-conscious medical education. *JAMA Pediatr* 2015;169(2):109-11.
- Gonzalez-Cota A, Chiravuri S, Stansfield RB, Brummett CM, Hamstra SJ. The effect of bench model fidelity on fluoroscopy-guided transforaminal epidural injection training: A randomized control study. *Reg Anesth Pain Med*;38(2):155-60.
- Maschuw K, Hassan I, Bartsch DK. Surgical training using simulator. *Virtual reality. Chirurg* 2010;81(1):19-24.
- Nicksa GA, Anderson C, Fidler R, Stewart L. Innovative approach using interprofessional simulation to educate surgical residents in technical and nontechnical skills in high-risk clinical scenarios. *JAMA Surg* 2015; 150(3):201-7.
- Coleman EA. Extending simulation learning experiences to patients with chronic health conditions. *JAMA* 2014;311(3):243-4.
- Gillan SN, Saleh GM. Ophthalmic surgical simulation: A new era. *JAMA Ophthalmol* 2013;131(12):1623-4.
- Zhang N, Sumer BD. Transoral robotic surgery: Simulation-based standardized training. *JAMA Otolaryngol Head Neck Sur.* 2013;139(11):1111-7.
- Kneebone RL. Practice, rehearsal, and performance: An approach for simulation-based surgical and procedure training. *JAMA* 2009; ;302(20):2190-2.
- Voelker R. Medical simulation gets real. *JAMA* 2009;302(12):1336-8.
- Botden SM, Torab F, Buzink SN, Jakimowicz JJ. The importance of haptic feedback in laparoscopic suturing training and the additive value of virtual reality simulation. *Surg Endosc* 2008;22(5):1214-22.
- Vaughan N, Dubey VN, Wee MY, Isaacs R. Towards a realistic in vitro experience of epidural Tuohy needle insertion. *Proc Inst Mech Eng H* 2013;227(7):767-77.
- De Lorenzo D, Koseki Y, De Momi E, Chinzei K, Okamura AM. Coaxial needle insertion assistant with enhanced force feedback. *IEEE Trans Biomed Eng* 2013;60(2):379-89.
- Magill JC, Byl MF, Hinds MF, Agassounon W, Pratt SD, Hess PE. A novel actuator for simulation of epidural anesthesia and other needle insertion procedures. *Simul Healthc* 2010;5(3):179-84.

38. Lim YJ, Valdivia P, Chang C, Tardella N. MR fluid haptic system for regional anesthesia training simulation system. *Stud Health Technol Inform* 2008;132:248-53.
39. Hu J, Lim YJ, Tardella N, Chang C, Warren L. Localized virtual patient model for regional anesthesia simulation training system. *Stud Health Technol Inform* 2007;125:185-90.
40. Hamstra SJ, Dubrowski A, Backstein D. Teaching technical skills to surgical residents: A survey of empirical research. *Clin Orthop Relat Res* 2006;449:108-15.
41. Mudumbai SC, Fanning R, Howard SK, Davies MF, Gaba DM. Use of medical simulation to explore equipment failures and human-machine interactions in anesthesia machine pipeline supply crossover. *Anesth Analg* 2010;110(5):1292-6.
42. Fanning RM, Gaba DM. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simul Healthc* 2007;2(2):115-25.
43. Zhu Y, Magee D, Ratnalingam R, Kessel D. A training system for ultrasound-guided needle insertion procedures. *Med Image Comput Assist Interv* 2007;10(Pt 1):566-74.
44. Hocking G, Hebard S, Mitchell CH. A review of the benefits and pitfalls of phantoms in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2011;36(2):162-70.
45. Chin KJ1, Perlas A, Chan VW, Brull R. Needle visualization in ultrasound-guided regional anesthesia: challenges and solutions. *Reg Anesth Pain Med* 2008;33(6):532-44.
46. Rosenberg AD, Popovic J, Albert DB, Altman RA, Marshall MH, Sommer RM, et al. Three partial-task simulators for teaching ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2012;37(1):106-10.
47. Freschi C, Parrini S, Dinelli N, Ferrari M, Ferrari V. Hybrid simulation using mixed reality for interventional ultrasound imaging training. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2015;10(7):1109-15.
48. Feifer A, Al-Ammari A, Kovac E, Delisle J, Carrier S, Anidjar M. Randomized controlled trial of virtual reality and hybrid simulation for robotic surgical training. *BJU Int* 2011;108(10):1652-6; discussion 1657.
49. Tavakol M, Mohagheghi MA, Dennick R. Assessing the skills of surgical residents using simulation. *J Surg Educ* 2008;65(2):77-83.
50. Epstein RM. Assessment in medical education. *N Engl J Med* 2007;356(4):387-96.
51. Uppal V, Kearns RJ, McGrady EM. Evaluation of M43B Lumbar puncture simulator-II as a training tool for identification of the epidural space and lumbar puncture. *Anaesthesia* 2011;66(6):493-6.
52. Capogna G, Stirparo S, Caniggia S. Evaluation of a new training device to simulate the epidural and subarachnoid spaces for neuraxial anesthesia techniques. *Minerva Anestesiol* 2013;79(4):385-90.
53. Weller JM. Simulation in undergraduate medical education: Bridging the gap between theory and practice. *Med Educ* 2004;38(1):32-8.
54. Lundy JS. The present opportunities for medical men in anaesthesia. *Can Med Assoc J* 1937;37(6):552-4.
55. Lundy JS. The use of local anesthetics. *JAMA* 1936;107(18):1464-9.
56. Lundy JS. Diagnostic and therapeutic nerve block in general practice. *Northwest Med* 1951;50(8):577-82.
57. Lundy JS. Cancer Pain. *J Lancet* 1964;84:15-7.
58. Kopp SL, Horlocker TT, Bacon DR. The contribution of John Lundy in the development of peripheral and neuraxial nerve blocks at the Mayo Clinic: 1925-1940. *M.A. Regional Anesthesia & Pain Medicine* 2002;27(3):322-6.
59. Bonica JJ. Teaching residents diagnostic and therapeutic nerve blocks. *Curr Res Anesth Analg* 1955;34(4):202-13.
60. Bonica JJ. Management of intractable pain with analgesic blocks. *J Am Med Assoc* 1952;150(16):1581-6.
61. Bonica JJ. Nerve blocks as an aid in the diagnosis and therapy of disease. *Northwest Med* 1950;49(9):593-6.
62. Manchikanti L, Boswell MV, Raj PP, Racz GB. Evolution of interventional pain management. *Pain Physician* 2003;6(4):485-94.
63. Manchikanti L, Heavner JE, Racz GB, Mekhail N, Schultz DM, Hansen HC, et al. Methods for evidence synthesis in interventional pain management. *Pain Physician* 2003;6(1):89-111.
64. Flores JC. Capítulo 1. En: *Medicina del Dolor. Perspectiva Internacional*. Flores JC (ed). Barcelona: Ed Elsevier; 2015. p. 2-20.
65. Breivik H, Collett B, Ventafridda V, Cohen R, Gallacher D. Survey of chronic pain in Europe: Prevalence, impact on daily life, and treatment. *Eur J Pain* 2006;10(4):287-333.
66. Gouvitso F, Vallet B, Scherpereel P. Anesthesia simulators: benefits and limits of experience gained at several European university hospitals. *Ann Fr Anesth Reanim* 1999;18(7):787-95.
67. Schwid HA, Rooke GA, Carline J, Steadman RH, Murray WB, Olympio M, et al. Evaluation of anesthesia residents using mannequin-based simulation: A multiinstitutional study. *Anesthesiology* 2002;97(6):1434-44.
68. Murray DJ1, Boulet JR, Avidan M, Kras JF, Henrichs B, Woodhouse J, et al. Performance of residents and anesthesiologists in a simulation-based skill assessment. *Anesthesiology* 2007;107(5):705-13.