

Simuladores de auscultación cardiopulmonar para la enseñanza y práctica de las ciencias médicas: características y comparación.

Gladys Carballo¹, Marta Rosecler²,
Isabel Morales³, Andrea Mattiozzi³ and Franco Simini³

¹Estudiante del XXX Seminario de Ingeniería Biomédica 2021.

²Conferencista del Seminario del día 14 de abril de 2021 de título "Simuladores para enseñanza de habilidades en medicina" Universidad Feevale, Rio Grande do Sul, Brasil.

³Docentes del XXX Seminario de Ingeniería Biomédica 2021.

Abstract— Simulation-based medical education is a tool of proven effectiveness that is capable of solving some of the demands of current training in medical sciences. One of them is to achieve a correct cardiac and respiratory auscultation. The objective of this study is to synthesize the different types of simulators used for the teaching of cardiorespiratory auscultation, to compare them in terms of advantages and disadvantages, and to suggest the one that could adjust the requirements of the student population of the Facultad de Medicina Udelar. This review was carried out in the databases PubMed, Cochrane Library, Google Scholar and Virtual Health Library. The identified prototypes can be divided into 4 groups: heart and lung noise recordings, virtual patients, low and high fidelity mannequins and virtual reality devices. Examples of each group are described and compared. The virtual patient is recognized as the one who could satisfy the needs of this population.

Keywords— Computer Simulation, Medicine, Auscultation, Patient Simulation.

Resumen— La educación médica basada en la simulación es una herramienta de demostrada efectividad que es capaz de resolver algunas exigencias de la formación actual en las ciencias médicas. Una de ellas es el lograr una correcta auscultación cardíaca y respiratoria. El objetivo de este trabajo es sintetizar los diferentes tipos de simuladores utilizados para la enseñanza de la auscultación cardiorrespiratoria, compararlos en cuanto a ventajas y desventajas y proponer el que podría ajustarse a los requerimientos de la población de estudiantes de la Facultad de Medicina de la Udelar. Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos PubMed, Biblioteca Cochrane, Google Scholar y Biblioteca Virtual de Salud. Se han identificado prototipos que pueden ser divididos en 4 grupos: registros de ruidos cardíacos y pulmonares, pacientes virtuales, maniqués de baja y alta fidelidad y dispositivos de realidad virtual. Se describen ejemplares de cada grupo, se comparan y se reconoce al paciente virtual como el que podría satisfacer las necesidades de esta población.

Palabras clave— Computer Simulation, Medicine, Auscultation, Patient Simulation.

I. INTRODUCCIÓN

La educación médica basada en la simulación según Ziv citado por Argullós [1] es una actividad docente en la que se crean escenarios clínicos mediante simuladores. Un simulador es un software o hardware que reproduce el comportamiento de un sistema y que se emplea para el entrenamiento de quienes se están formando para manejarlo [2].

La simulación como técnica de aprendizaje ha demostrado su efectividad [3] y cuenta con las cualidades para tomar un rol revolucionario en la educación médica [1]. Es una herramienta capaz de suplir algunos de los requerimientos del médico en formación, como lo es la habilidad de lograr una correcta auscultación, para poder desarrollar capacidades en cuanto a diagnóstico precoz y tratamiento oportuno. La importancia de esto se ve reflejada en el hecho de que el 63% de los errores médicos se deben a deficiencias en el examen físico [4].

Muchas universidades en el mundo tienen cursos de semiología como materias curriculares, mientras que en otras, como en la Facultad de Medicina de Udelar Uruguay, se destina la primera parte de cada curso clínico para aprender la semiología correspondiente a este. Ambos programas son válidos, el primero por el alto contenido teórico-práctico de la materia y el segundo porque aplica la técnica de repetición espaciada. En cualquiera de ellos, los estudiantes se benefician del empleo de simuladores [3], estos mejoran el proceso de aprendizaje del reconocimiento de ruidos normales y patológicos [5] [6]. O al menos lo iguala, si se compara el entrenamiento mediante horas de simulación vs entrenamiento en contacto con pacientes [7].

El objetivo de esta revisión es conocer y caracterizar los diferentes simuladores de auscultación cardiopulmonar para la enseñanza y práctica de las ciencias médicas que se encuentran disponibles. Para finalmente, compararlos en cuanto a ventajas y desventajas. A su vez, se propone identificar cuál de ellos podría satisfacer las necesidades y demandas de la población de estudiantes de la Facultad de Medicina de la Udelar.

I. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica de los simuladores de auscultación cardiopulmonar con fines docentes disponibles actualmente. Las bases de datos utilizadas fueron PubMed, Biblioteca Cochrane, Google Scholar y Biblioteca Virtual de Salud (BVS). Se aplicó como límite temporal el año 2010, quedando incluidos en la investigación todos los trabajos, sin restricciones en cuanto a tipo de investigación a partir de dicha fecha. Se excluyeron los trabajos que no se pudieron recopilar de forma completa y que se centralizan en simuladores en pediatría o ginecología. Las palabras claves fueron elegidas según la terminología Mesh y Decs. En PubMed “Computer Simulation”, “Medicine”, “Auscultation”. En Cochrane “Patient Simulation”, “Auscultation”. En BVS “Simulador”, “Auscultación”; utilizando el comando booleano AND en todos los casos. Finalmente en Google Scholar “Simuladores en enseñanza médica auscultación”. Se recuperaron los trabajos utilizando el buscador TimbóFoco.

Del total de 112 referencias encontradas, se han seleccionado mediante lectura del título y del resumen 19 documentos de interés: 2 tesis, 3 revisiones sistemáticas, 6 ensayos clínicos aleatorizados, 3 estudios de cohortes prospectivos y 5 estudios observacionales. Posteriormente, para profundizar en las características de los dispositivos encontrados, se realizó una búsqueda de estos.

B. Un pilar de la semiología: la auscultación.

La auscultación es el acto de escuchar sonidos del cuerpo durante el examen físico [8]. Las vibraciones producidas en estructuras cardíacas y pulmonares, se propagan hasta la superficie corporal. Con el empleo de un estetoscopio se puede conducir la vibración al aparato auditivo, quitando el ruido ambiental y en algunos casos, amplificándolo [9].

En el proceso de auscultación se debe seguir una secuencia lógica y sistematizada que permita recabar de forma completa todos los datos posibles. Es fundamental el reconocimiento de ruidos normales y sus características, para distinguir los sobreagregados. En este último punto, cabe mencionar que existen diferencias fisiológicas en la auscultación cardíaca y pulmonar de adultos y niños. Esta revisión, se centrará en los primeros.

C. Simuladores en educación para la salud

La simulación en este ámbito se utiliza de diferentes maneras, entre estas se encuentran el paciente estandarizado (actores entrenados), el simulador humano (maniqués con similitudes anatómicas al humano), el paciente híbrido (unión de dos o más modalidades de simulación) [10], los simuladores virtuales (buscan replicar el mundo real mediante la interacción a través de una pantalla), los simuladores de habilidades (se enfocan en estructuras particulares para el desarrollo de una habilidad específica) [11] y la realidad virtual (sistema informático que genera simulación e interacción en tiempo real, creando imágenes y escenarios en los que una persona, mediante un dispositivo visual, tiene la sensación de estar y de poder desenvolverse). Los simuladores pueden clasificarse según el grado de fidelidad. Los de baja fidelidad simulan un segmento anatómico, los de media combinan el segmento con una computadora y los de alta proporcionan experiencias altamente realistas, diseñados para varios procedimientos.

Las ventajas del uso de simulación son la posibilidad de enfrentar situaciones difíciles o prácticamente imposibles, como lo es el tener varios pacientes con diferentes patologías frecuentes e infrecuentes, en un corto periodo de tiempo, para que muchos estudiantes en sus horarios de enseñanza puedan auscultarlos simultáneamente y sin entrar en conflictos éticos. Otras de las ventajas son la reducción del tiempo necesario para el aprendizaje [1] y la posibilidad de enfrentar crisis en un ambiente seguro para el paciente y el estudiante. Es además, una solución en situaciones epidemiológicas como la actual por la pandemia de COVID-19. La enseñanza basada en la simulación pone al estudiante en el centro del proceso formativo, en un continuo entrenamiento donde se adquieren competencias al resolver situaciones planteadas por los docentes basadas en el razonamiento del estudiante y retroalimentación del simulador como del docente [3].

Según Standford citado por Rosecler [12] una de las desventajas del uso de simuladores es la laguna existente entre la teoría y la evidencia en su uso. A modo de ejemplo, para los maniqués de alta fidelidad, en esta revisión se encontraron ensayos clínicos aleatorizados que evidencian mejoría en la educación [5] [6] [13] [14], mientras que en otros se concluye que una clase sola puede ser insuficiente [15] o incluso que no proporcionan una ventaja clara comparado a modelos de baja fidelidad [16]. Otras de las desventajas son el tiempo y los recursos requeridos para la creación de laboratorios de simulación y de escenarios compatibles con la realidad [12], además de personal docente formado para el uso de simuladores.

III. RESULTADOS

Existe una amplia gama de dispositivos empleados para la simulación cardiorrespiratoria en educación médica. Desde registros de ruidos cardíacos y pulmonares, pacientes virtuales, maniqués de baja y alta fidelidad a dispositivos de realidad virtual [17].

A. Base de datos de sonidos auscultatorios

Se dispone de numerosas bases de datos, en formato de apps así como sitios web. Obtenidos actualmente, en su mayoría, mediante estetoscopios electrónicos, al convertir, procesar y digitalizar una señal acústica [18]. La Tabla 1 presenta ejemplos de estas y sus características.

TABLA I
COMPARACIÓN DE BASES DE DATOS DE SONIDOS CARDÍACOS Y RESPIRATORIOS.

Dispositivo	Formato	Sonidos cardíacos	Sonidos pulmonares	Otras características
CARD	Página Web	5038	-	Provenientes de 800 pacientes reales [18]
Heart Sound & Murmur Library	Página web	23	-	Se pueden descargar en formato MP3. Sonidos agrupados según el foco de auscultación, con una fotografía que muestra la maniobra semiológica [19]
Continuing Medical Implementation	Página Web	14	-	Pueden descargarse gratuitamente [20]
Thinklabs Medical	Página Web	21	15	Los sonidos tienen su señal fonocardiográfica [21]
Manual MSD	Web o app	17	7	Cada sonido tiene una breve reseña informativa [22][23]
PneumoSim	Consola	-	30	Puede ser utilizado solo o ser añadido a cualquier maniquí de la empresa Cardionics. Permite pausar, descomponer y añadir sonidos[24]

B. Pacientes virtuales

Dentro de este formato de simulación, encontramos dispositivos como IS4 Learning, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Porto y 3M Littmann Learning Institute. IS4 Learning se ejecuta a través de una tablet, donde se ve el tórax de un paciente virtual, al colocar un estetoscopio electrónico en la pantalla se pueden auscultar sonidos en diferentes focos, grabados de pacientes reales [25]. La aplicación de 3M Littmann Learning Institute provee historias clínicas reales, además de una guía para auscultación y una base de datos de sonidos (11 sonidos cardíacos y 5 pulmonares de pacientes reales; cada sonido tiene su señal fonocardiográfica e información). Se puede acceder a ella gratuitamente con la compra de un estetoscopio Littman e ingresar un código. Es uno de los pacientes virtuales más populares, en parte debido al prestigio de la marca que precede a la aplicación [26].

C. Maniqués

Existe una amplia gama de maniqués para auscultación de diferente fidelidad. Ejemplos de maniqués de fidelidad intermedia son Harvey, Simulator “K”, SAM, LSAT, además de muchos otros no comercializados y empleados en facultades de su universidad de origen [27][28]. Hal S3000 y SimMan son modelos de alta fidelidad [17]. La Tabla 2 detalla la descripción de los maniqués nombrados.

D. Realidad virtual

Se han desarrollado dispositivos con menor y mayor grado de inmersión. Entre los primeros encontramos a Heart Murmur Sim de The Second Life house, que provee un mundo virtual para la auscultación cardíaca, en el que el estudiante va haciendo un tour por una clínica virtual mientras ausculta diferentes pacientes con diferentes soplos cardíacos [31] y en los segundos a DocTraining [29] [30]. Este permite el ingreso a un entorno 3D multiplayer (el usuario puede ver y comunicarse con otros jugadores online) además de interactuar con un NPC (Non playable characters, que brindan información, guiando el juego y ayudando en la toma de decisiones). El formato para smartphones permite el uso de lentes de realidad virtual que aumentan la inmersión del jugador.

Ambos presentan características de juegos serios. Esto es, lograr que el usuario se involucre fuertemente en el entorno de aprendizaje, a medida que logra una meta en el juego, va aprendiendo de una forma rápida y feliz.

TABLA II
COMPARACIÓN DE MANIQUÍES PARA AUSCULTACIÓN CARDIORRESPIRATORIA

Dispositivo Desarrollador	Características técnicas
MANIQUÍES DE FIDELIDAD INTERMEDIA	
Harvey Laerdal Medical	Fue el primer maniquí creado para esta función. Es un torso de tamaño real, en posición supino, fijado a una camilla. Simula 30 enfermedades cardíacas. Los sonidos cardíacos se transmiten desde 9 zonas y los pulmonares desde 6 (para simular un trastorno cardíaco específico). Simula además, la presión arterial, pulso venoso yugular y pulsos precordiales. Requiere del uso de estetoscopios especiales. El sonido captado por este, puede transmitirse a otros estetoscopios mediante enlaces infrarrojos. Los Harvey de 2da generación tienen un parlante que transmite el habla de un operador [32].
Simulator “K” Kyoto Kagaku	Es un torso en posición supina. Tiene integrados 4 parlantes en los 4 focos de auscultación. Consta de 88 sonidos grabados de pacientes reales. Utiliza un estetoscopio normal, a su vez puede reproducir el sonido en un altoparlante para clases grupales. También simula pulsaciones. K-plus simula además sonidos pulmonares (normales y patológicos) a través de 7 parlantes integrados [33].
SAM Cardionics	Portable. Es un torso erguido. Se pueden auscultar sonidos cardíacos, respiratorios y abdominales en 4, 8 y 2 sitios específicos respectivamente. También se pueden palpar pulsaciones carotídeas y frémitos. Se pueden emplear estetoscopios acústicos o usar tecnología infrarroja [17].
LSAT Kyoto Kagaku	Es un torso erguido. Genera sonidos cardíacos y pulmonares. No simula pulsaciones. Se puede auscultar el dorso del tórax. Unido a una computadora que genera gráficos de los sonidos. Tiene 15 parlantes (7 anteriores y 8 posteriores). Simula 34 escenarios. Usa un estetoscopio normal o parlantes para clases grupales [17].
MANIQUÍES DE ALTA FIDELIDAD	
S3000 Hal Gaumard	Es un simulador de cuerpo entero, portátil. Simula sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales normales y patológicos, programables en sitios puntuales, mediante parlantes internos. Permite además de la auscultación maniobras en estos sistemas: Práctica de intubación oral y nasal en vías aéreas normales y difíciles, control de la frecuencia respiratoria y profundidad, permite realizar ECG real, PA medible, pulsos carotídeo, radial, braquial, femoral, poplíteo y pedio bilaterales, con sitios de punción IV, cianosis visible, monitorización de saturación y sensores para RCB. Asimismo simula funciones de otros sistemas [34]
SimMan 3G PLUS Laerdal	Es un simulador de cuerpo entero, portátil, con brazos articulados, piel realista, con marcas anatómicas y diaforesis. Simula sonidos cardíacos (desde 4 parlantes internos) y pulmonares (desde 11) normales y patológicos. Además de saturación de pulso, cianosis, desfibrilación, ECG, pulsos, toma de PA y RCB. Manejo de vía aérea, normal y patológica, mandíbula articulada, succión, intubación oral, nasal y endotraqueal y permite practicar toracocentesis. El sistema de reconocimiento automático de medicamentos identifica el medicamento y la dosis, con respuestas fisiológicas automáticas o programables. Simula además funciones de otros sistemas. Es considerado uno de los modelos más realistas [35]

IV. DISCUSIÓN

Como se ha expuesto existe una variada oferta de simuladores en la educación para la salud, cada tipo se destaca en diferentes atributos. En cuanto a las bases de datos, sobresale el hecho de ser recursos gratuitos, a excepción de PneumoSim. Son muy fáciles de obtener y utilizar, encontrándose disponibles para todos y en cualquier lugar. Son muy útiles para desarrollar habilidades, mientras que para poder generar competencias, es necesario utilizarlos en escenarios creados por docentes, cuya elaboración pretende un tiempo considerable [12] [36]. En contraposición, los pacientes virtuales proporcionan un espacio de entrenamiento con escenarios previamente creados. Al igual que las bases de datos, tienen la ventaja de no requerir mantenimiento. Pese a que su desarrollo es complejo, los costos una vez acabado son bajos o nulos [37] [26]. Con respecto a los maniquíes, estos proveen una mayor interacción con el estudiante, mejoran habilidades y reducen el nivel de ansiedad [12]. Pretenden una menor o nula preparación del escenario, puesto que la mayoría integran casos clínicos completos. El precio de estos dispositivos varía considerablemente según su fidelidad y marca, siendo alto en términos generales. Requieren de mantenimiento y capacitación en el equipo. Otro aspecto a considerar es la relación cantidad de maniquíes-estudiantes [17]. Finalmente, en relación a los dispositivos de realidad virtual, estos logran un nivel mayor de motivación que los entornos tradicionales de aprendizaje en línea. Sin embargo, pueden ser muy costosos según el grado de inmersión y la fidelidad de la interacción [29].

Cabe preguntarse cuál de todos es el más conveniente para una determinada población. Para el caso de los estudiantes de la Facultad de Medicina de la Udelar, un simulador ideal reuniría las siguientes características: permite el desarrollo

de habilidades y entrenamiento de competencias, posee escenarios previamente creados, es aplicable en grupos numerosos, gratuito o de bajo costo y nula o baja demanda de mantenimiento. El prototipo de simulador que más se adapta a estas cualidades parece ser el paciente virtual. El desarrollo de un PV de novo es costoso y laborioso [38], afortunadamente hay universidades que permiten utilizar sus casos gratuitamente, manteniendo los derechos de autor y limitando el poder realizar cambios [39]. Por otra parte, se pueden emplear sitios que poseen casos virtuales pasibles de ser repotenciados, viabilizando así la transferencia de conocimiento entre instituciones, uno de ellos es el repositorio de la Comunidad Europea, eVIP [40], que cuenta con 340 casos que pueden utilizarse como base [38].

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado una aproximación a los diferentes tipos de simuladores para la auscultación cardiorrespiratoria, destacando sus principales características y describiendo algunos de ellos. Así mismo, se ha identificado al paciente virtual como el prototipo de simulador que podría satisfacer las necesidades de la población de estudiantes de la Facultad de Medicina de la Udelar. Es necesario dar a conocer el potencial de los simuladores y más aún, fomentar su desarrollo y utilización. El trabajo de un equipo interdisciplinario de estudiantes y profesionales, en el área de la ingeniería y la medicina, para el desarrollo de un paciente virtual asequible a la población nombrada, llenaría un vacío en el tema.

VI. REFERENCIAS

- [1] J. L. Palés Argullós and C. Gomar Sancho, "El uso de las simulaciones en Educación Médica," *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 11, no. 2, pp. 147–169, 2010, Accessed: May 06, 2021. [Online]. Available: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/100575/EL_USO_DE_LAS_SIMULACIONES_EN_EDUCACION_.pdf?sequence=1
- [2] "simulador, simuladora | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE." <https://dle.rae.es/simulador?m=form> (accessed Jun. 08, 2021).
- [3] D. García, M. Arcos, and M. Alemán, "Simulación clínica, una herramienta eficaz para el aprendizaje en ciencias de la salud," *Revista Publicando*, vol. 13, no. 1, pp. 225–243, 2017.
- [4] A. Verghese, B. Charlton, J. P. Kassirer, M. Ramsey, and J. P. A. Ioannidis, "Inadequacies of Physical Examination as a Cause of Medical Errors and Adverse Events: A Collection of Vignettes," *The American Journal of Medicine*, vol. 128, no. 12, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.amjmed.2015.06.004.
- [5] G. Martínez, E. Guarda, R. Baeza, B. Garayar, G. Chamorro, and P. Casanegra, "Enseñanza de auscultación cardiaca a estudiantes y residentes de medicina mediante el uso de un simulador de ruidos cardíacos," *Revista Española de Cardiología*, vol. 65, no. 12, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.recesp.2012.03.022.
- [6] S. Bernardi *et al.*, "A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation," *BMC Medical Education*, vol. 19, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1186/s12909-019-1708-6.
- [7] Ø. Sverdrup, T. Jensen, S. Solheim, and K. Gjesdal, "Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students," *BMC Medical Education*, vol. 10, no. 1, Dec. 2010, doi: 10.1186/1472-6920-10-3.
- [8] "Auscultación: MedlinePlus enciclopedia médica." <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002226.htm> (accessed Jun. 08, 2021).
- [9] A. Pazin-Filho, ; André Schmidt, & Benedito, and C. Maciel, "AUSCULTA CARDÍACA: BASES FISIOLÓGICAS-FISIOPATOLÓGICAS CARDIAC AUSCULTATION: PHYSIOLOGICAL AND PHYSIOPATHOLOGICAL MECHANISMS."
- [10] "SIMULACION HIBRIDA | EdumeditechEC." <https://www.edumeditech.com/simulacion-hibrida> (accessed Jun. 08, 2021).
- [11] A. Dávila-Cervantes, "Simulación en Educación Médica," *Investigación en Educación Médica*, vol. 3, no. 10, pp. 100–105, 2013.
- [12] M. Rosecler Bez and P. Alegre, "Construção de um modelo para o uso de simuladores na implementação de métodos ativos de aprendizagem nas escolas de medicina."
- [13] K. Fraser *et al.*, "Simulation Training Improves Diagnostic Performance on a Real Patient With Similar Clinical Findings," *Chest*, vol. 139, no. 2, Feb. 2011, doi: 10.1378/chest.10-1107.
- [14] D. Sword and T. Jackson, "A Novel and Cost-Effective Method for Evaluating Cardiopulmonary Auscultation Skills in Student Physical Therapists," *Journal of Allied Health*, vol. 46, no. 1, 2017.
- [15] Y. Kagaya, M. Tabata, Y. Arata, J. Kameoka, and S. Ishii, "Variation in effectiveness of a cardiac auscultation training class with a cardiology patient simulator among heart sounds and murmurs," *Journal of Cardiology*, vol. 70, no. 2, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.jjcc.2016.10.011.
- [16] R. Chen, L. E. Grierson, and G. R. Norman, "Evaluating the impact of high- and low-fidelity instruction in the development of auscultation skills," *Medical Education*, vol. 49, no. 3, Mar. 2015, doi: 10.1111/medu.12653.

- [17] J. J. Ward and B. A. Wattier, "Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation," *Respiratory Care*, vol. 56, no. 6, Jun. 2011, doi: 10.4187/respcare.01072.
- [18] D. Pereira, M. Amelia-Ferreira, R. Cruz-Correia, and M. Coimbra, "Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology," Jul. 2020. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175920.
- [19] "Professional Skill Builder | Heart Sound & Murmur Library." http://www.med.umich.edu/lrc/psb_open/html/repo/primer_heartsound/primer_heartsound.html (accessed Jun. 08, 2021).
- [20] "Continuing Medical Implementation Inc." http://www.cvtoolbox.com/cvtoolbox2/physexam/phy_8.html (accessed Jun. 08, 2021).
- [21] "Thinklabs Heart Sound Library." <https://www.thinklabs.com/heart-sounds-old> (accessed Jun. 08, 2021).
- [22] "Auscultación cardíaca - Trastornos cardiovasculares - Manual MSD versión para profesionales." <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-cardiovasculares/abordaje-del-paciente-card%C3%ADaco/auscultaci%C3%B3n-card%C3%ADaca> (accessed Jun. 08, 2021).
- [23] "Evaluación del paciente con trastornos pulmonares - Trastornos pulmonares - Manual MSD versión para profesionales." <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-pulmonares/abordaje-del-paciente-con-trastornos-pulmonares/evaluaci%C3%B3n-del-paciente-con-trastornos-pulmonares> (accessed Jun. 08, 2021).
- [24] "PneumoSim - Cardionics - PDF Catalogs | Technical Documentation." <https://pdf.medicaexpo.com/pdf/cardionics/pneumosim/79140-131621.html> (accessed Jun. 08, 2021).
- [25] D. Pereira et al., "IS4Learning—A Multiplatform Simulation Technology to Teach and Evaluate Auscultation Skills", *Health Professionals' Education in the Age of Clinical Information Systems, Mobile Computing and Social Networks*, pp. 401-420, 2017. doi: 10.1016/b978-0-12-805362-1.00019-x (accessed Jun. 8, 2021).
- [26] "3M™ Littmann® Stethoscopes." https://www.littmann.ca/3M/en_CA/littmann-stethoscopes-ca/ (accessed Jun. 08, 2021).
- [27] Felipe Cid and Javier Melillanca, "DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PRÁCTICO DE FANTOMAS PARA AUSCULTACIÓN BASADO EN APRENDIZAJE MULTIDISCIPLINARIO PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES TÉCNICAS Y BLANDAS APRENDIDAS EN CLASES," Santiago, 2017. Accessed: May 07, 2021. [Online]. Available: http://www.sochedi.cl/wp-content/uploads/2017/12/SOCHEDI2017_paper_37.pdf
- [28] S. A. Víaña-Fragoso, A. Rosario-Rojas, and L. Jiménez-Ángeles, "Diseño de un simulador de paciente para auscultación cardíaca," *Revista Latinoamericana de Simulación Clínica*, vol. 2, no. 3, 2020, doi: 10.35366/97904.
- [29] Sergio Prada Barrios, "Development of a Cardiac Auscultation Virtual Reality App," 2017.
- [30] R. M. de Lima *et al.*, "A 3D serious game for medical students training in clinical cases," May 2016. doi: 10.1109/SeGAH.2016.7586255.
- [31] "Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education - Boulos - 2007 - Health Information & Libraries Journal - Wiley Online Library." <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1471-1842.2007.00733.x> (accessed Jun. 08, 2021).
- [32] Jacobo Nurko and Samuel Unzek, "El simulador «Harvey» de paciente cardiológico. La utilización de simuladores, computadoras y equipo multimedia en el aprendizaje de la cardiología," *Anales Médicos Hospital ABC*, vol. 45, no. 3, pp. 134-139, 2000, Accessed: May 07, 2021. [Online]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2000/bc003f.pdf>
- [33] "M84-S Cardiology Patient Simulator 'K' - Kyoto Kagaku - PDF Catalogs | Technical Documentation." <https://pdf.medicaexpo.com/pdf/kyoto-kagaku/m84-s-cardiology-patient-simulator-k/69057-142855.html> (accessed Jun. 08, 2021).
- [34] "HAL® S3000 - Wireless and Tetherless, Prehospital and Nursing Care Patient Simulator." <https://www.gaumard.com/s3000> (accessed Jun. 08, 2021).
- [35] "SimMan 3G." <https://laerdal.com/br/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman/> (accessed Jun. 08, 2021).
- [36] .N. Rüllmann, U. Lee and K. Klein, "Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19", *GMS Journal for Medical Education*, vol. 37, no. 7, 2020. doi: 10.3205/zma001395.
- [37] A. Shachak, E. Borycki and S. Reis, *Health professionals' education in the age of clinical information systems, mobile computing and social networks*. 2017, pp. 401-420
- [38] R. Borda, "Los Pacientes Virtuales en la Educación de los Profesionales de la Salud", *Revista de Docencia Universitaria*, vol. 10, pp. 201-209, 2012. (Accessed June 21, 2021).
- [39] C. Gómez-Restrepo and Y. Narváez, "Pacientes virtuales en la enseñanza médica", *Revista Colombiana de Psiquiatría*, vol. 41, pp. 37S-43S, 2012. Available: 10.1016/s0034-7450(14)60177-3.
- [40] "eViP electronic Virtual Patients." <https://virtualpatients.eu/referatory/> (accessed Jun. 23, 2021).