

Revisión

# Nuevas tecnologías en Medicina

José Luis Izquierdo Alonso <sup>1,2,\*</sup>, Carlos Almonacid Sánchez <sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Alcalá, Departamento de medicina y especialidades;

<sup>2</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario de Guadalajara

<sup>3</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario de Toledo

<sup>4</sup> Universidad de Castilla La Mancha

\* Autor correspondencia: joseluis.izquierdoa@uah.es; <https://orcid.org/0000-0002-1671-2243> Tel.: +34 949 209 200 ext. 69471

DOI: <https://doi.org/10.37536/RIECS.2022.7.1.308>

---

**Resumen:** Varios sectores de la sociedad, y de forma especial la medicina, están en un momento de cambio que, apoyado en un gran desarrollo tecnológico, va a revolucionar nuestra forma de entender la gestión, investigación y asistencia clínica. Actualmente la medicina se basa en estudios, frecuentemente con pobre validez externa, cuyos resultados se trasladan a un paciente concreto a pesar de estar basados en simples medias estadísticas. El avance hacia una medicina personalizada solo será posible con nuevos enfoques en los que el Big Data y la inteligencia artificial van a ser de gran ayuda a la hora de trasladar la mejor investigación clínica a nuestro paciente, sin olvidar todo lo que estas herramientas pueden aportar en la investigación básica. A nivel de gestión, el modelo asistencial presencial deberá complementarse con otras formas de trabajo mucho más eficientes que ayuden a consolidar la sostenibilidad del sistema sanitario actual. En este entorno, el desarrollo tecnológico proporcionará las herramientas necesarias para implementar estos cambios. El Big Data como fuente de información, la inteligencia artificial con todas las variantes, que incluyen desde el procesamiento de lenguaje natural hasta el desarrollo de técnicas de imagen, y el desarrollo de nuevas tecnologías en múltiples áreas, van a ser herramientas habituales para el médico, muy posiblemente antes de que finalice esta década. Aunque en esta revisión nos hemos focalizado en patologías respiratorias este planteamiento es plenamente extrapolable a cualquier otra área de la medicina.

**Palabras Clave:** Inteligencia artificial, Big Data, Machine Learning, Deep Learning, Nuevas tecnologías, Telemedicina.

**Abstract:** Several sectors of society, and especially medicine, are at a time of change that, supported by great technological development, is going to revolutionize our way of understanding management, research, and clinical care. Currently medicine is based on studies, often with poor external validity, whose results are transferred to a specific patient despite being based on simple statistical means. Progress towards personalized medicine will only be possible with new approaches in which Big Data and artificial intelligence will be of great help in transferring the best clinical research to our patients, without forgetting everything that these tools can contribute to basic research. In clinical practice, the face-to-face care model must be complemented with other much more efficient forms of work that help to consolidate the sustainability of the current health system. In this environment, technological development will provide the necessary tools to implement these changes. Big Data as a source of information, artificial intelligence with all its variants ranging from natural language processing to the development of image techniques, and the development of new technologies in multiple areas are going to be common tools for the doctor, possibly before the end of this decade. Although in this review we have focused on respiratory pathologies, this approach can be fully extrapolated to any other area of medicine.

**Key words:** Artificial intelligence, Bigdata, Machine Learning, Deep Learning, New technologies, Telemedicine.

---

## 1. Introducción

Cuando, tras más de tres décadas de trabajo como médico, se echa la vista atrás, rápidamente se es consciente del enorme cambio que ha experimentado la práctica de la medicina en este tiempo. En nuestros inicios como médicos residentes, los profesores contaban con cierta admiración como los clásicos de la neumología eran capaces de delimitar una caverna tuberculosa sólo con la percusión. En ese mismo periodo era frecuente dedicar tardes enteras descifrando los grandes volúmenes del Index Medicus cuando había que preparar una presentación o un artículo científico. En ese momento, herramientas como la TAC estaban limitadas y la resonancia nuclear magnética empezaba a revolucionar ciertas áreas de la medicina, especialmente la neurología, sorprendiéndonos con hallazgos que para nosotros eran inimaginables hasta entonces. Por supuesto, era un periodo donde internet no existía. Si comentamos esta situación a nuestros estudiantes, cuando aún nos quedan varios años para la jubilación, su perplejidad es similar a que teníamos nosotros con la delimitación de una caverna tuberculosa mediante la percusión.

Actualmente la radiografía de tórax es simple rutina en un paciente con síntomas respiratorios, las búsquedas bibliográficas son casi instantáneas accediendo a PubMed, y las técnicas de imagen han supuesto una revolución en nuestra práctica habitual, relegando, muchas veces de forma excesiva, a un manejo clínico, que en muchos casos presentaba errores difícilmente aceptables en nuestros días.

Estos cambios han sido progresivos, algunos incorporados de forma casi imperceptible. Otros, como la llegada de internet, han sido más disruptivos, pero nuestra capacidad de adaptación rápidamente los ha interiorizado, y actualmente los percibimos como si hubieran estado con nosotros toda la vida.

Durante los últimos años estamos asistiendo a un gran cambio, basado en el desarrollo de nuevas tecnologías, que se ha extendido al campo asistencial, pero también a la investigación y a la gestión clínica. En este momento estamos en lo que se ha venido a denominar innovación disruptiva que, como dice su nombre, va a suponer un cambio cualitativo y radical en muchas facetas de nuestra actividad como médicos. La COVID19, posiblemente acabará siendo un gran catalizador para acelerar estos cambios. Como dijo Einstein, "la crisis es necesaria para que la humanidad avance. Solo en momentos de crisis surgen las grandes mentes".

En la medicina hay tres grandes áreas donde está innovación disruptiva empieza a ser ya presente. En primer lugar, tenemos todo el desarrollo de nuevas tecnologías en el diagnóstico y tratamiento de ciertas enfermedades. En segundo lugar, tenemos a la inteligencia artificial como ayuda a la práctica asistencial, pero también a la investigación clínica. Finalmente, todo este desarrollo tecnológico va a condicionar una nueva forma de interacción entre gestores, médicos y pacientes, cuya expresión más visible es la telemedicina en todas sus facetas.

## 2. Big Data e inteligencia artificial en medicina

Cualquier médico, para el correcto desarrollo de su actividad profesional necesita, no solo una formación asistencial, sino también científica y gestora. Evidentemente la actividad gestora alcanzará su máxima representación cuando se tengan cargos de responsabilidad, pero eso no significa que cualquier médico, en su consulta o en su área de hospitalización deba desentenderse de hacer un uso racional de los recursos. Nuestro objetivo será siempre buscar el máximo beneficio para el paciente, pero de la forma más eficiente posible. Incluso para un médico con una actividad clínica de forma exclusiva, es difícil que esta actividad se realice correctamente si no incluye dentro de su trabajo diario un cierto nivel de investigación clínica, que no es más que, con mayor o menor complejidad, conocer la situación de su entorno y analizar de forma rigurosa sus propias intervenciones. Solo de este modo realmente sabremos si estamos alcanzando los objetivos que queremos obtener en la salud de una población.

De este modo, aunque el nivel de responsabilidad o de necesidad de información no es el mismo en un consejero de sanidad o en un médico de atención primaria en un ambulatorio, eso no excluye que ambos deban disponer de una información fiable, que el médico clínico deba estar implicado en una monitorización continua de cuáles son las necesidades de sus pacientes y conocer cuál es el impacto de sus acciones en la salud de la población. Como dice Craig Venter, descubridor del genoma humano, *“hemos pasado de una medicina de los médicos con apoyo de los datos a una medicina de datos con apoyo de los médicos”*. Aunque esta aseveración pueda parecer muy extrema, sí que transmite la necesidad de trabajar con información fiable y de calidad, información que pueda ser aplicable a nuestros pacientes, superando la información basada en medias estadísticas. Este planteamiento, que es la base de la medicina personalizada, solo se podrá aplicar con información de calidad y con nuevas tecnologías, en las que el Big Data y la inteligencia artificial tiene mucho que decir. Eric Topol en su libro *“Deep Medicine”* [1] describe perfectamente este cambio: *“para tomar la mejor decisión en un paciente específico, se necesitará toda la información disponible que, deberá ser incorporada en la clínica con herramientas de inteligencia artificial en vez de seguir confiando en los efectos globales (promedios)”*. Una aproximación a la medicina personalizada evitará tratamientos innecesarios, ayudando a una mejora para el paciente, pero también para los sistemas sanitarios. El *“arte de la medicina”*, seguirá siendo fundamental en nuestra relación con el paciente y con su cuidado, pero no podrá servir de excusa para no realizar el trabajo médico con la mejor información posible y con el máximo rigor científico. No es cuestión de sustituir la sabiduría por tecnología sino de actuar sabiamente usando la tecnología como apoyo.

### *2. 1 Big Data e Inteligencia Artificial como ayuda a la gestión sanitaria*

Cuando un médico tiene una responsabilidad de gestión necesita conocer cuáles son las necesidades de salud de la población, cuáles son los problemas reales de los pacientes y cuáles son las deficiencias en el cuidado y atención de estas necesidades. Solo de este modo podrá hacer una gestión eficiente de los recursos. En la práctica, es muy frecuente que esta información no se tenga, o que se disponga de ella de forma sesgada, lo que en muchos casos impide establecer planes de actuación, planes asistenciales u otro tipo de intervenciones que permitan solucionar los problemas reales.

En 1897 un economista italiano, Vilfredo Pareto, describió lo que posteriormente se ha denominado al principio de Pareto o principio del 20/80 [2]. Este es un concepto asociado fundamentalmente al área económica, y establece que existe una asimetría entre las acciones que se realizan y los efectos conseguidos. De este modo, con un 20 % de esfuerzo, en muchos casos es posible conseguir hasta un 80 % de los resultados. Aunque esta proporción no siempre es tan estricta sí que nos indica la necesidad de priorizar ciertas acciones, dado que algunas de ellas van a tener un impacto mayor en una población. A nivel de salud todos los días tenemos evidencias de que, actuando sobre elementos muy sencillos, pero claves en el manejo de los pacientes, podemos implementar medidas con un gran impacto sanitario y económico [3, 4].

El Big Data y la inteligencia artificial (IA) son posiblemente las herramientas más poderosas que tenemos en este momento para identificar estos problemas. Los estudios de registros o de auditorías habitualmente requieren largos periodos de tiempo, involucran a una gran cantidad de clínicos y, a pesar de ello, tras una demora, muchas veces excesiva, el resultado que se consigue era solo parcial, frecuentemente sesgado por la selección de la información de una forma más o menos voluntaria. A modo de ejemplo, hace algo más de 20 años la Sociedad española de Neumología (SEPAR) propuso un estudio para analizar las principales características del manejo clínico de la EPOC en España [5, 6]. Ese estudio, que presentó los resultados más rigurosos hasta ese momento, en una patología que genera un elevado consumo de recursos económicos, necesitó dos años de trabajo de campo y otros dos años de análisis y presentación de los resultados. Otro gran estudio de auditoría sobre las hospitalizaciones de la EPOC requirió 17 proyectos FIS y varios años para implementar las fases de validación y obtención de resultados [7]. Habitualmente, con estas demoras, cuando se presentan los resultados parte la información ya está desfasada y la experiencia de estos proyectos nos demuestra su imposibilidad de realizarlos de forma periódica como una herramienta de auditoría de la práctica

asistencial, ya que frecuentemente la evolución de la propia atención sanitaria supera la lentitud de estos sistemas de análisis. Actualmente las herramientas de Big Data e inteligencia artificial, como puede ser el procesamiento lenguaje natural, proporcionan los mismos resultados en pocos días, lo que permite que pueda utilizarse para detectar problemas, pero también para monitorizar, casi en tiempo real, el impacto de cualquier intervención que pueda ponerse en marcha.

A nivel clínico, nuestra actividad asistencial frecuentemente se basa en las recomendaciones de guías clínicas, avaladas frecuentemente por sociales científicas y/o por organismos oficiales, y que son la base para planes asistenciales o recomendaciones de procedimientos diagnósticos y terapéuticos. Sin embargo, la mayoría carecen de una evaluación de su efectividad tras la implementación en la práctica clínica y se desconoce su impacto real en la salud de los pacientes. De nuevo, utilizando la EPOC como ejemplo, desde 2011 se han elaborado múltiples guías clínicas nacionales e internacionales, planes asistenciales, estrategias nacionales, pero una valoración reciente en nuestro medio usando Big Data e IA demuestra que su impacto en aspectos críticos del manejo de la enfermedad ha sido prácticamente marginal [3]. Solo a través de estas tecnologías, que nos permiten monitorizar en tiempo real estas intervenciones podremos poner en marcha planes de mejora [4]. Además, esta tecnología nos permite analizar, no una muestra de una población, sino toda la población que queremos analizar.

El Big Data y la IA, aplicadas a una información clínica cada vez más digitalizada, van a ser fundamentales en los nuevos modelos de gestión sanitaria, ya sea a nivel nacional, regional o local. Siguiendo el principio de Pareto, una correcta identificación de las principales necesidades o problemas en el manejo de una determinada enfermedad mediante este tipo de tecnologías permitirá hacer estrategias realmente eficientes y permitirá monitorizar los resultados obtenidos con cualquier intervención, evitando de este modo el despilfarro de unos recursos que siempre van a ser limitados. Esto no va a limitar en ningún momento nuestro trabajo como médicos, ni debe interferir en la relación del médico con el paciente. Al contrario, todo lo que esté relacionado con la atención al paciente y su cuidado es lo que va a seguir dando valor a una profesión donde todo lo que no esté enfocado en este sentido posiblemente acabe siendo automatizado o delegado en personal técnico cualificado.

## *2. 2 Big data e Inteligencia Artificial como ayuda a la práctica clínica*

Del mismo modo que la IA y el Big Data pueden mejorar la salud de una población, también nos permite dar respuesta a problemas que serían muy difíciles de abordar desde un punto de vista clásico. La reciente pandemia COVID-19 nos puso ante un reto, donde el grado de desconocimiento e incertidumbre favoreció pautas de actuación que no siempre fueron las más correctas. Disponer de respuestas muy rápidas puede dar una solución a situaciones de este tipo, y esto solo puede hacerse con una movilización mundial, como ocurrió con la COVID19, pero en otros entornos no tan excepcionales pueden obtenerse con la IA y el Big Data. Incluso en las primeras fases de la COVID19, mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural y utilizando la digitalización de sistema sanitario de Castilla-La Mancha (SESCAM), en muy poco tiempo se pudo dar respuesta a los grandes interrogantes de la COVID19 en pacientes con enfermedades crónicas, como el asma o la EPOC [8, 9]. También se pudieron desarrollar modelos predictivos para dar respuesta a la gestión de pacientes en una primera fase de bloqueo del sistema sanitario [10] y, posteriormente responder a preguntas específicas como puede ser el impacto de los tratamientos o analizar la influencia del género [11, 12].

La IA y el Big data permiten dar respuestas, casi en tiempo real a preguntas que han surgido en un contexto excepcional, pero preguntas igualmente importantes también las tenemos enfrente de nosotros en nuestra práctica clínica habitual [13]. Además, en muchas ocasiones el perfil de pacientes que vemos en nuestras consultas o salas de hospitalización tienen una complejidad muchísimo mayor que la que podemos observar en los ensayos clínicos, donde se tiende a seleccionar pacientes relativamente “puros” evitando aquellos cuya mayor complejidad pueda interferir de los resultados finales del estudio. Esta pobre validez externa de muchos ensayos clínicos hace que sus conclusiones frecuentemente no sirvan para establecer la efectividad de una determinada medida terapéutica, limitando su aplicabilidad de la vida real. Frecuentemente los pacientes atendidos con una

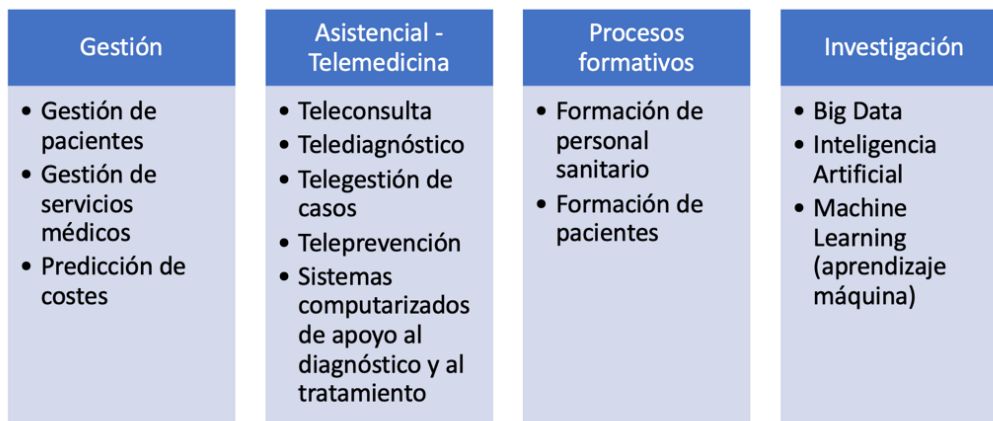
determinada patología en un entorno hospitalario, sobre todo pacientes complejos pluripatológicos, solo se podrán entender desde una aproximación personalizada que tenga en cuenta todas las variables que influyen en el estado de salud de ese paciente, y eso difícilmente se podrá evaluar de una forma integral con los ensayos clínicos actuales. La inteligencia artificial, el Machine Learning o el Deep Learning permiten aproximaciones que pueden darnos respuestas que no podemos obtener actualmente con la investigación tradicional.

### 3.- Telemedicina.

Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) se definen como las tecnologías que permiten a los usuarios acceder, recuperar, almacenar, transmitir y manipular la información de forma digital [14]. La pandemia por coronavirus (SARS Cov-2) ha puesto de manifiesto las ventajas del uso de las TICs en la asistencia sanitaria y ha generalizado su uso [15, 16].

La evolución que han tenido las aplicaciones de las TICs en los diferentes entornos que rodean nuestras vidas son múltiples. A nivel sanitario ha facilitado de forma notable la formación a distancia, la discusión de casos clínicos con otros profesionales de la salud y más recientemente la realización de teleconsultas (TC). Como usuarios de los sistemas de salud, se han implementado aplicaciones (APP) que permiten portar la tarjeta sanitaria digital, consultar la medicación pautaada, la cartilla de vacunación, tener acceso a informes y pruebas diagnósticas realizadas, solicitar cita previa en los centros de salud, y realizar TC con los facultativos.

Las TICs en el terreno médico abarcan tres áreas fundamentales, la asistencial, la gestión y la investigación, que constituirían en su conjunto la denominada e-salud (eHealth). La parte asistencial se ha denominado teleasistencia (TA) o telemedicina (TM), que engloba: el telediagnóstico (TD), la teleconsulta (TC), la telegestión de casos (TGC), la telemonitorización (TMN), la teleformación (TF), teleprevención (TP) y los sistemas computarizados de apoyo a la toma de decisiones médicas (SCAD) (Figura 1) [17, 18].



**Figura 1** Áreas que abarcan las tecnologías de la información y comunicación en el entorno sanitario.

La TM es especialmente útil en aquellas personas con problemas físicos que limitan o impiden su desplazamiento, en las que se localizan en áreas geográficas alejadas de los centros de asistencia sanitaria, o en aquellas que por razones laborales tengan problemas para acudir físicamente a la consulta médica. También es especialmente útil en la medicina colaborativa, asistencia médica remota a centros de medicina general alejados del hospital, en misiones humanitarias en otros países, en el mar o en el espacio, y en periodos de epidemias o pandemias con riesgo para asistir a los centros sanitarios [17, 19].

Existen numerosos trabajos publicados sobre la aplicación de la TM en pacientes con patología respiratoria crónica como el asma y la EPOC. Una revisión sistemática muestra que la TM es útil para mejorar la calidad de vida y el control del asma. Si bien, para alcanzar el éxito, cualquier estrategia

de TM que se utilice debe contemplar la TC o la TGC. En los pacientes con EPOC la TM ha mostrado los beneficios en la telerehabilitación, la educación sanitaria, la autogestión, la adhesión al tratamiento, la detección temprana de las exacerbaciones, la reducción de ingresos hospitalarios, de visitas a los servicios de urgencias, aumento del abandono del consumo de tabaco y mejora de la calidad de vida [20]. En relación con la terapia inhalada, la TM se ha centrado en mejorar la adhesión al tratamiento y en mejorar el uso adecuado de los dispositivos de inhalación. Muchas de las evidencias de las que disponemos en la actualidad proceden de los estudios realizados en los pacientes con asma y EPOC, ya que son las dos grandes patologías que se benefician de estos tratamientos, pero estas experiencias son válidas para cualquier otra enfermedad [21, 22].

### 3.1 Teleconsulta

La TC consiste en la asistencia remota mediante el uso de las TICs para realizar una teleconsulta o videoconsulta entre el facultativo y la persona que necesita atención médica. Actualmente se disponen de plataformas médicas que permiten la gestión de TC, realización de llamadas telefónicas convencionales o videollamadas, el intercambio de ficheros (formularios de control de la enfermedad, etc.) y que el propio paciente tenga acceso a su información médica a través de un portal virtual. Alguno de estos portales ya está dotado de un sistema de IA de ayuda al diagnóstico. Este tipo de asistencia no implica necesariamente que el experto remoto examine directamente al paciente. Suele utilizarse para entregar resultados de pruebas complementarias, para valorar el control de los síntomas, o como segundo diagnóstico entre personal técnico y un médico, o entre un médico general y un especialista, ya sea en línea o “fuera de línea” (almacenando y reenviando los datos).

Las TICs no solo permiten visualizar y comunicarse con el paciente a distancia, sino también realizar una exploración a distancia con los dispositivos adecuados. Es lo que se ha denominado telepresencia (TP). Se trata de la asistencia de un especialista que se encuentre en una ubicación remota como apoyo a otro facultativo que atiende al paciente. La supervisión del paciente la realiza el segundo médico a distancia por videoconferencia que sirve de apoyo al primero [23]. Permite que un médico especialista observe y comente al mismo tiempo los síntomas y hallazgos de la exploración física y pruebas complementarias de un paciente que está siendo asistido por otro médico a distancia.

Si bien el uso de la TC ya se venía realizando desde hace años, la pandemia COVID-19 ha servido para extender y aceptar su uso entre los profesionales sanitarios y los pacientes. Los estudios realizados demuestran que la TC no es inferior al pase de visita tradicional, especialmente para la revisión de pacientes con patología crónica [19, 21, 24–26].

Existen variantes de la TC como las tele-emergencias, que consiste en la utilización de equipos móviles que ayudan a realizar un diagnóstico, inicial y rápido, contando con la colaboración de expertos o monitorización de funciones vitales del paciente para enviar información al establecimiento de salud, de manera que se tomen las medidas necesarias.

La aceptación de la TC por parte de los pacientes es elevada, como demuestran varios trabajos publicados recientemente en los que se analizó la asistencia remota recibida durante la pandemia por coronavirus [27, 28]. La alta satisfacción manifestada por los usuarios, los beneficios constatados y la gran resolución de las teleconsultas, ha llevado a plantearse ampliar estos servicios tras la pandemia, especialmente para la entrega de resultados de pruebas y valoración del control de una enfermedad. Se prevé que la demanda de la TM vaya al alza, especialmente en los países occidentales, donde la población está más envejecida [29, 30]. De hecho, se plantea que la TM asegure el futuro de la asistencia sanitaria. Es por ello por lo que la inversión en TM va en aumento, incrementando los presupuestos de los gobiernos e instituciones privadas.

### 3.2 Telegestión de casos

La telegestión de casos (TGC) también se ha denominado en otros entornos como telejunta o telecomité médico. Consiste en la discusión de casos clínicos entre diferentes profesionales sanitarios de cara a establecer el mejor diagnóstico y terapia posible. En estas reuniones virtuales se comparte información clínica relevante del paciente y resultados de pruebas diagnósticas. Es algo que antes solía hacerse a nivel presencial, pero tras la pandemia por coronavirus se ha generalizado su uso. Este

modelo también se realiza en la actualidad entre hospitales de alta y baja complejidad separados geográficamente [31, 32].

Dentro de la TGC se incluiría el telediagnóstico (TD). Como ayuda en el proceso de tomar decisiones, la TM incluye áreas tales como los sistemas diagnósticos especializados a distancia, que contribuyen a que toda la población tenga acceso a los dispositivos diagnósticos más complejos, o a interpretaciones a distancia por especialistas en una materia muy concreta, localizados a cientos o miles de kilómetros de distancia del hospital donde le han realizado la prueba. Esto es de gran importancia ya que ahorra costes en desplazamientos e inversiones en centros de menor complejidad [33, 34].

### 3.3 Teleformación

La teleformación (TF) o teleeducación consiste en la transmisión de conocimientos y habilidades a distancia utilizando las TICs. A nivel educativo la TF ha alcanzado un gran desarrollo, habiendo demostrado su utilidad tanto para la enseñanza de personal sanitario, como de pacientes o cuidadores. La “*gamificación*” es una nueva modalidad de TF y tiene como objetivo aplicar la mecánica del juego con el fin de generar beneficios cognitivos y de motivación [35, 36].

Los sistemas de apoyo a la autogestión basados en la TF se han centrado en diferentes aspectos, destacando los juegos educativos para mejorar los conocimientos sobre la patología a tratar, asegurar la adhesión terapéutica, así como fomentar cambios de comportamiento [37, 38]. Los sistemas de TF por separado han mostrado que pueden mejorar la adhesión al tratamiento. En los pacientes con patología respiratoria, los sistemas de TF se han centrado también en la enseñanza del uso adecuado de los inhaladores, demostrando un mejor uso de los dispositivos de inhalación y un menor número de errores al realizar la técnica inhalatoria [39]. Los juegos educativos computarizados, usados para mejorar el conocimiento, han logrado alcanzar sus objetivos en la mayoría, pero no en todos los participantes de los estudios. Los juegos basados en las teorías de cambio de comportamiento han dado lugar a cierta mejora en las habilidades de autogestión, aunque el impacto en los síntomas y el uso de los recursos de atención sanitaria es variable. Posiblemente estos resultados se deban a que estas intervenciones de TF no se acompañaron de otras medidas como la TC y la TMN [37, 40, 41].

La TF enfocada a pacientes busca conseguir lo que se denomina “paciente experto”. El concepto de “paciente experto” se ha desarrollado en las dos últimas décadas para definir a un paciente que tiene un importante conocimiento de su enfermedad y de su tratamiento, además de habilidades de autogestión. Sin embargo, este concepto ha evolucionado en los últimos años, y ahora se considera que estos pacientes no sólo son más eficientes en el manejo de su propia condición y en la comunicación efectiva con los profesionales de la salud, sino que también actúan como educadores para otros pacientes. Además, proporcionan retroalimentación sobre la prestación de la atención y se involucran en la producción y aplicación de guías de práctica, así como en el desarrollo y la realización de iniciativas de investigación. Sin embargo, existen algunas barreras para la integración de este nuevo colaborador en el equipo sanitario, y es necesario tener en cuenta requisitos específicos para que una persona sea considerada experta [42].

Los juegos didácticos se utilizan cada vez más para la educación médica. Sin embargo, el diseño y el desarrollo de “*juegos serios*” para la educación de los profesionales de la salud es muy variable, y muy pocos artículos informan sobre el proceso utilizado para su desarrollo [43].

### 3.4 Telemonitorización

La telemonitorización (TMN) consiste en la transmisión de información del paciente (tensión arterial, frecuencia respiratoria, ECG, saturación basal de oxígeno, etc.) como medio para controlar a distancia la situación del paciente y diferentes funciones vitales. Suele utilizarse en salas de vigilancia intensiva pero también en el cuidado domiciliario de pacientes crónicos.

Los sistemas de apoyo a la autogestión basados en la TMN se han centrado en diferentes aspectos, destacando los recordatorios automatizados de la medicación para mejorar la adherencia, la TMN de la tensión arterial (TA), frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), temperatura (T<sup>a</sup>), electrocardiograma (ECG), actividad física (AF), función pulmonar (FP) y cuestionarios de

control con diversos niveles de supervisión profesional. Cuando se ha usado la TMN como herramienta de apoyo a la autogestión se ha demostrado mejoras en las medidas de control de la enfermedad, en la calidad de vida, en la reducción del riesgo de limitación de la actividad, en el absentismo escolar, en las exacerbaciones y en el uso de cuidados no programados [44, 45]. Una revisión reciente sugirió que la adición de la TMN a la atención habitual redujo las visitas a urgencias y las hospitalizaciones y mejoró la puntuación de la calidad de vida en la salud mental.

La TMN de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) en el hogar basada en el Internet de las cosas, como la titulación y el seguimiento en el hogar con el uso de la televigilancia, está surgiendo y arrojando resultados positivos. Sin embargo, las evidencias basadas en ensayos clínicos controlados son escasas [46, 47].

La TMN también ha sido utilizada para valorar a los pacientes que han padecido el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Se han desarrollado programas para la TMN de la T<sup>a</sup> corporal, la FC, la variabilidad de la FC, la saturación de oxígeno en sangre, la FR, la TA y la tos. Esta información fisiológica puede combinarse además para estimar potencialmente la función pulmonar utilizando técnicas de IA y de fusión de sensores. El prototipo, que incluye el hardware y una aplicación para teléfonos inteligentes, mostró resultados prometedores con un rendimiento comparable o mejor que el de dispositivos comerciales similares, lo que convierte al sistema propuesto en una solución portátil ideal para el seguimiento a largo plazo de los pacientes con COVID-19 y otras enfermedades crónicas [48].

Los “wearables” o “dispositivos vestibles (DV)”, se basan en el internet de las cosas. Son dispositivos que llevamos o vestimos habitualmente, como son los relojes y teléfonos inteligentes. Estos dispositivos en la actualidad ya permiten la recogida de parámetros fisiológicos sin otros dispositivos complementarios, como la FC, FR, ECG, actividad física, duración y calidad de sueño, asimetría en la marcha, consumo metabólico y de oxígeno. Están conectados a internet de forma continua y transmiten constantemente datos que no precisan supervisión ni ninguna acción por parte del portador del dispositivo. Los DV pueden ofrecer múltiples ventajas para la investigación sanitaria. Generalmente son discretos, menos costosos que los dispositivos de investigación, cómodos de llevar y asequibles para los consumidores. En los últimos años, la calidad y la precisión de los DV han mejorado, lo que ha dado lugar a más certificaciones clínicas. Los DV pueden medir datos a largo plazo en el entorno natural de los participantes, lo que permite realizar evaluaciones de forma continua. Por lo tanto, los DV son desarrollos valiosos, especialmente para generar datos para la investigación de la salud en grandes poblaciones, es decir, estudios de salud global o epidemiológicos, o en contextos de bajos ingresos. Estos dispositivos y otros especialmente diseñados para TMN han sido ampliamente estudiados para valorar su utilidad en la práctica clínica habitual [49].

Además de su utilidad en campos tan diversos como la predicción de la COVID-19, el seguimiento de la fertilidad, análisis de las enfermedades relacionadas con el calor, estudio de los efectos de los medicamentos o de intervenciones psicológicas, algunos estudios han indicado que los datos extraídos de los DV pueden transformar la comprensión de la dinámica sanitaria de la población y la capacidad de prever las tendencias sanitarias [49].

A nivel respiratorio se ha estudiado su utilidad en pacientes con asma y EPOC. En los pacientes con asma la monitorización domiciliar de los parámetros fisiológicos se correlaciona con el control del asma. El modelo multivariante construido identificó el 88,9% de todos los niños asmáticos no controlados, lo que indica un alto potencial de seguimiento del control del asma. Esto puede permitir a los profesionales sanitarios evaluar el control del asma en casa [50]. En pacientes con EPOC ha sido útil a la hora de determinar la actividad física en los programas de rehabilitación respiratoria y en la predicción de exacerbaciones [51]. A nivel cardíaco los dispositivos portátiles comerciales son precisos para medir los pasos y la frecuencia cardíaca [52].

En la patología respiratoria se dispone de numerosos sistemas electrónicos que se conectan a los inhaladores y permiten medir la hora, día, número de inhalaciones, y además programar recordatorios para la toma de medicación. Las investigaciones actuales han demostrado que el uso de estos dispositivos electrónicos conectados a los inhaladores y otras modalidades basadas en las



TICs, como aplicaciones que recuerdan la toma de medicación, mejoran la adhesión al tratamiento. En general, estas revisiones sistemáticas apoyan la hipótesis de que las intervenciones interactivas de la TM pueden ser eficaces para mejorar el cumplimiento de la medicación [39, 53]. Las estrategias de intervención, que mejoren la participación de los pacientes en el tratamiento y mejoren sus habilidades de autogestión de la medicación son las más prometedoras y deberían ser consideradas para su implementación en la práctica clínica habitual [54, 55].

### 3.5 Teleprevención

La teleprevención (TP) consiste en la promoción de la salud a través del uso de las TICs para la prevención de riesgos y daños [56–59]. Otro concepto también utilizado en este entorno es el de televigilancia epidemiológica, que consiste en la notificación obligatoria de daños sujetos a vigilancia, como cólera, meningitis, y otras enfermedades que, por su importancia epidemiológica, requieran de un control estricto, a través del uso de las TICs, permitiendo que se tomen las medidas apropiadas de prevención y control [60].

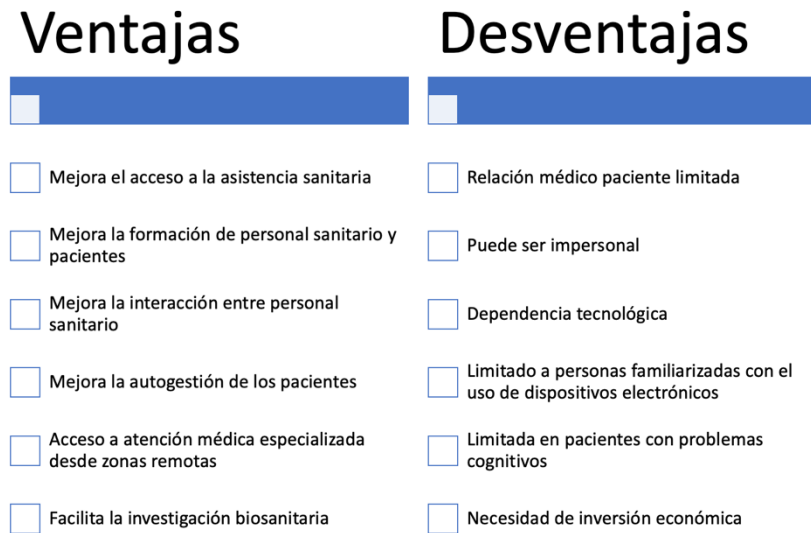
### 3.6 Sistemas computarizados de apoyo al diagnóstico y tratamiento

Los sistemas computarizados de apoyo al diagnóstico y tratamiento (SCAD) son programas de IA cuya finalidad es ayudar a los facultativos en la aproximación diagnóstica a una patología y a optimizar el tratamiento. También existen SCAD orientados a pacientes, de cara a facilitar la autogestión y mejorar la adhesión al tratamiento. Por este motivo el National Institute for Health and Care Excellence (NICE) británico considera que el uso de SCAD destinados a pacientes pueden ser considerados como un enfoque de apoyo a la autogestión [17]. A pesar de la heterogeneidad de las intervenciones en pacientes con asma, las conclusiones son coherentes y muestran que la TM puede mejorar los resultados de los procesos, como el conocimiento, la adherencia, habilidades de autogestión, y el aumento del uso de medicamentos preventivos. A corto plazo tiene un efecto en los resultados clínicos, como los síntomas, uso de medicación de rescate, función pulmonar, absentismo escolar, limitación de la actividad, calidad de vida, ciclos de esteroides orales y consumo de recursos sanitarios. Los SCAD también han demostrado beneficios en la asistencia de los pacientes con EPOC, ya que se trata de una tecnología viable que permite mejorar las actuaciones terapéuticas de acuerdo con las guías clínicas [61–63]. Estos sistemas SCAD se han llevado a aplicaciones de dispositivos móviles (APPs) habiendo aumentado el número y calidad de estas de forma notable.

Actualmente varios de estos sistemas ya han sido aprobados por la EMA y FDA para su aplicación en la práctica clínica. En concreto estos SCAD ya están operativos e integrados en equipos de radiología para la detección automática de nódulos pulmonares, tromboembolismo pulmonar, enfermedad pulmonar intersticial difusa, enfisema y, más recientemente, neumonía por COVID-19 [64]. También se han integrado en dispositivos que miden la función pulmonar y en el software de los polisomnógrafos como apoyo a facultativos con baja experiencia [65]. Existen numerosos SCAD aplicados a diferentes ramas de la medicina, abarcando la formación, el diagnóstico y el tratamiento. Estos sistemas han demostrado su utilidad en la atención médica y quirúrgica, y conforme pasa el tiempo son mayores los logros en este campo [66].

## 4. ¿Qué queda por mejorar?

La aplicación de las diferentes TICs en la asistencia sanitaria ha demostrado su utilidad tanto en la clínica como en la investigación. Estas tecnologías ya están disponibles en la actualidad y su uso está difundido en toda la sociedad. Sin embargo, hay elementos que deben ser mejorados (Figura 2). En el terreno legal se debe definir mejor una normativa aplicada específicamente a las TICs y su uso en el campo sanitario [67–69].



**Figura 2** Ventajas y desventajas de las tecnologías de la información y comunicación aplicadas a la atención sanitaria

Otro de los problemas que hay que solucionar y regular es la seguridad y privacidad de los datos. En la actualidad se han notificado varios problemas relacionados con la seguridad de las TICs en el ámbito sanitario. Una de ellas es el robo de información sanitaria. Esta información es considerada como una de las más sensibles dadas las connotaciones que tiene. Otro problema es la gran cantidad de aplicaciones médicas existentes para tabletas y teléfonos inteligentes, sin que no haya una regulación que verifique su calidad, la veracidad de la información, ni la seguridad y privacidad de los datos obtenidos a través de ellas [70, 71].

Por otro lado, se debe seguir trabajando en la aceptación por parte de los profesionales sanitarios y de los pacientes de estas nuevas tecnologías, ya que, si bien la pandemia por SARS COV 2 ha permitido la rápida aceptación e integración de una TM básica, es posible que en otras condiciones esta situación cambie. También es necesario mejorar la IA de los SCAD, e integrarlos con los DV que permitan mejorar la TMN de los pacientes y la toma de decisiones de forma automatizada, mejorando su capacidad de autogestión.

## 5. Conclusiones

Las nuevas tecnologías en medicina permiten mejorar la atención sanitaria dirigiendo su rumbo hacia una atención más personalizada, centrada en el paciente. Estas herramientas complementan y refuerzan la labor del médico, pero no sustituyen por completo a la asistencia médica tradicional. Su futuro dependerá de cómo se integren en los diferentes modelos asistenciales, de su facilidad de uso y de la calidad, seguridad y confidencialidad de los datos. También es necesario aplicar estrategias que faciliten su asimilación por los profesionales de la salud. Por último, queda por determinar una adecuada regulación legal.

Si bien, inicialmente se precisa una importante inversión económica, no es menos cierto que a largo plazo las nuevas tecnologías garantizarán la sostenibilidad de la asistencia sanitaria, permitiendo acceder a un mayor número de pacientes con un menor coste económico [72, 73].

## Abreviaturas

Las siguientes abreviaturas son usadas en este manuscrito:

IA: Inteligencia artificial

TICs: Tecnologías de la información y comunicación

TA: Teleasistencia

TM: Telemedicina

TD: Telediagnóstico

TC: Teleconsulta

TP: Telepresencia

TGC: Telegestión de casos

TMN: Telemonitorización

TF: Teleformación

TP: Teleprevención

SCAD: Sistemas computarizados de apoyo a la toma de decisiones médicas

## Referencias Bibliográficas

1. Eric Topol. Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again. Basic books. Hachette Book Group. 1290 Avenue of the Americas, New York, NY10104. First edition: March 2019. ISBNs: 978-1-5416-4464-9 (ebook).
2. Richard Koch. *El principio 80/20*. Espasa Libros, S. L. U., 2009. Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España). ISBN: 978-84-493-3116-9.
3. Izquierdo JL, Morena D, González Y, Paredero JM, Pérez B, Graziani D, Gutiérrez M, Rodríguez JM. Clinical Management of COPD in a Real-World Setting. A Big Data Analysis. Arch Bronconeumol. 2021; 57 (2): 94–100.
4. Izquierdo JL, Godoy R. Manejo clínico de la EPOC en Castilla la Mancha. Una oportunidad para mejorar. Revista de SOCAMPAR. 2020; 1 (V).
5. Izquierdo JL, De Miguel J. Economic Impact of pulmonary drugs on direct costs of stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Journal of COPD. 2004; 1: 215-223.
6. De Miguel Díez J, Izquierdo Alonso JL, Rodríguez González Moro JM, De Lucas Ramos P, Molina París J. Tratamiento farmacológico de la EPOC en dos niveles asistenciales. Grado de adecuación de las normativas recomendadas. Arch Bronconeumol 2003; 39: 195-202.
7. Pozo-Rodríguez F, López-Campos JL, Alvarez-Martínez CJ, Castro-Acosta A, Agüero R, Huetto J, et al; AUDIPOC Study Group. Clinical audit of COPD patients requiring hospital admissions in Spain: AUDIPOC study. PLoS One. 2012; 7 (7): e42156. doi: 10.1371/journal.pone.0042156. Epub 2012 Jul 31. PMID: 22911875; PMCID: PMC3418048.
8. Izquierdo JL, Almonacid C, González Y, et al. The impact of COVID-19 on patients with asthma. *Eur Respir J* 2021; 57: 2003142.
9. Graziani D, Soriano JB, Del Rio-Bermudez C, Morena D, Díaz T, Castillo M, Alonso M, Ancochea J, Lumbreras S, Izquierdo JL. Characteristics and Prognosis of COVID-19 in Patients with COPD. J Clin Med. 2020 Oct 12;9(10): E3259. doi: 10.3390/jcm9103259. PMID: 33053774.
10. Izquierdo JL, Ancochea J; Savana COVID-19 Research Group, Soriano JB Clinical Characteristics and Prognostic Factors for Intensive Care Unit Admission of Patients With COVID-19: Retrospective Study Using Machine Learning and Natural Language Processing. J Med Internet Res. 2020 Oct 28;22(10): e21801. doi: 10.2196/21801. PMID: 33090964.
11. Izquierdo JL, Soriano J, González Y, Lumbreras S, Ancochea J, Echeverry C, RRG\_ Moro JM. Use of N-Acetylcysteine at high doses as oral treatment for paties hospitalized with COVID-19. Science Progress. 2022 Jan-Mar;105 (1): 368504221074574. doi: 10.1177/00368504221074574. PMID: 35084258; PMCID: PMC8795755.
12. Ancochea J, Izquierdo JL, Savana COVID-19 Research Group\*, Soriano JB. Evidence of gender bias in the diagnosis and management of covid-19 patients: a big data analysis of electronic health records. Journal of Women Health. J Womens Health (Larchmt). 2021 Mar; 30 (3): 393-404.
13. Izquierdo JL, Almonacid C, Campos C, et al. Systemic Corticosteroids in Patients with Bronchial Asthma: A Real-Life Study. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2021; Nov 11:0. doi: 10.18176/jiaci.0765. Epub ahead of print. PMID: 34779775.
14. Jakobsson E, Nygård L, Kottorp A, et al. Does the purpose matter? A comparison of everyday information and communication technologies between eHealth use and general use as perceived by older adults with cognitive impairment. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 2020; 0: 1–10.

15. Dores AR, Geraldo A, Carvalho IP, et al. The Use of New Digital Information and Communication Technologies in Psychological Counseling during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*; 17. Epub ahead of print October 2020. DOI: 10.3390/ijerph17207663.
16. Almonacid C, Blanco-Aparicio M, Domínguez-Ortega J, et al. [Teleconsultation in the follow-up of the asthma patient. Lessons after COVID-19]. *Arch Bronconeumol* 2021; 57: 13–14.
17. BTS/SIGN British guideline on the management of asthma | British Thoracic Society | Better lung health for all, <https://www.brit-thoracic.org.uk/standards-of-care/guidelines/btssign-british-guideline-on-the-management-of-asthma/> (2016, accessed 9 December 2016).
18. da Fonseca MH, Kovaleski F, Picinin CT, Pedroso B, Rubbo P. E-Health Practices and Technologies: A Systematic Review from 2014 to 2019. *Healthcare (Basel)*. 2021 Sep 10;9(9):1192. doi: 10.3390/healthcare9091192. PMID: 34574966; PMCID: PMC8470487.
19. Chongmelaxme B, Lee S, Dhipayom T, et al. The Effects of Telemedicine on Asthma Control and Patients' Quality of Life in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2019; 7: 199-216.e11.
20. Barbosa MT, Sousa CS, Morais-Almeida M, et al. Telemedicine in COPD: An Overview by Topics. *COPD* 2020; 17: 601–617.
21. Thakkar J, Kurup R, Laba T-L, et al. Mobile Telephone Text Messaging for Medication Adherence in Chronic Disease: A Meta-analysis. *JAMA Intern Med* 2016; 176: 340–349.
22. Ahmed S, Ernst P, Bartlett SJ, et al. The Effectiveness of Web-Based Asthma Self-Management System, My Asthma Portal (MAP): A Pilot Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research* 2016; 18: e313.
23. Portnoy JM, Waller M, De Lurgio S, et al. Telemedicine is as effective as in-person visits for patients with asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2016; 117: 241–245.
24. Shah AC, Badawy SM. Telemedicine in Pediatrics: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *JMIR Pediatr Parent* 2021; 4: e22696.
25. Zhu Y, Gu X, Xu C. Effectiveness of telemedicine systems for adults with heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Heart Fail Rev* 2020; 25: 231–243.
26. Jeminiwa R, Hohmann L, Qian J, et al. Impact of eHealth on medication adherence among patients with asthma: A systematic review and meta-analysis. *Respir Med* 2019; 149: 59–68.
27. Ruiz-Romero V, Martínez-Pillado M, Torres-Domínguez Y, et al. EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DEL PACIENTE EN LA TELECONSULTA DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19(\*). *Rev Esp Salud Pública*; 11.
28. Damico NJ, Deshane A, Kharouta M, et al. Telemedicine Use and Satisfaction Among Radiation Oncologists During the COVID-19 Pandemic: Evaluation of Current Trends and Future Opportunities. *Adv Radiat Oncol* 2022; 7: 100835.
29. Giró T. Inversión prioritaria - Diagnósticos de nueva generación (digitalizada y/o móvil). 5.
30. La telemedicina, área de inversión clave para los próximos 5 años. *DiarioMedico*, <https://www.diariomedico.com/politica/la-telemedicina-area-de-inversion-clave-para-los-proximos-5-anos.html> (2022, accessed 11 April 2022).
31. Bentes PCL, Nadal J. A telediagnosis assistance system for multiple-lead electrocardiography. *Phys Eng Sci Med* 2021; 44: 473–485.
32. Inamura N, Taniguchi T, Takada N. The telediagnosis of double aortic arch using spatio-temporal image correlation. *Echocardiography* 2021; 38: 1081–1083.
33. Mabuchi A, Waratani M, Tanaka Y, et al. Telediagnosis system for congenital heart disease in a Japanese prefecture. *J Med Ultrason (2001)* 2020; 47: 463–468.
34. Kaiser Y, Eklund A, Grunewald J. Moving target: shifting the focus to pulmonary sarcoidosis as an autoimmune spectrum disorder. *Eur Respir J*; 54. Epub ahead of print July 2019. DOI: 10.1183/13993003.021532018.
35. Xu L, Shi H, Shen M, et al. The Effects of mHealth-Based Gamification Interventions on Participation in Physical Activity: Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2022; 10: e27794.
36. Dakroub AH, Weinberger JJ, Levine DL. Gamification for the Win in Internal Medicine Residency: A Longitudinal, Innovative, Team-Based, Gamified Approach to Internal Medicine Board-Review. *Cureus* 2022; 14: e22822.

37. Tran S, Smith L, El-Den S, et al. The Use of Gamification and Incentives in Mobile Health Apps to Improve Medication Adherence: Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2022; 10: e30671.
38. Makris E, Hu L, Jones GB, et al. Moving the Dial on Heart Failure Patient Adherence Rates. *Patient Prefer Adherence* 2020; 14: 2407–2418.
39. Bonini M, Usmani OS. Novel methods for device and adherence monitoring in asthma. *Curr Opin Pulm Med* 2018; 24: 63–69.
40. Sardi L, Idri A, Fernández-Alemán JL. A systematic review of gamification in e-Health. *J Biomed Inform* 2017; 71: 31–48.
41. van Gaalen AEJ, Brouwer J, Schönrock-Adema J, et al. Gamification of health professions education: a systematic review. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2021; 26: 683–711.
42. Boulet L-P. The Expert Patient and Chronic Respiratory Diseases. *Can Respir J* 2016; 2016: 9454506.
43. Olszewski AE, Wolbrink TA. Serious Gaming in Medical Education: A Proposed Structured Framework for Game Development. *Simul Healthc* 2017; 12: 240–253.
44. Metting E, Dassen L, Aardoom J, et al. Effectiveness of Telemonitoring for Respiratory and Systemic Symptoms of Asthma and COPD: A Narrative Review. *Life (Basel)* 2021; 11: 1215.
45. Kinast B, Lutz M, Schreiweis B. Telemonitoring of Real-World Health Data in Cardiology: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18: 9070.
46. Schutte-Rodin S. Telehealth, Telemedicine, and Obstructive Sleep Apnea. *Sleep Med Clin* 2020; 15: 359–375.
47. Ambrosino N, Vitacca M, Dreher M, et al. Tele-monitoring of ventilator-dependent patients: a European Respiratory Society Statement. *Eur Respir J* 2016; 48: 648–663.
48. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol* 2017; 2: 230–243.
49. Huhn S, Axt M, Gunga H-C, et al. The Impact of Wearable Technologies in Health Research: Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2022; 10: e34384.
50. van der Kamp MR, Klaver EC, Thio BJ, et al. WEARCON: wearable home monitoring in children with asthma reveals a strong association with hospital-based assessment of asthma control. *BMC Med Inform Decis Mak* 2020; 20: 192.
51. Rutkowski S, Buekers J, Rutkowska A, et al. Monitoring Physical Activity with a Wearable Sensor in Patients with COPD during In-Hospital Pulmonary Rehabilitation Program: A Pilot Study. *Sensors (Basel)* 2021; 21: 2742.
52. Düking P, Zinner C, Trabelsi K, et al. Monitoring and adapting endurance training on the basis of heart rate variability monitored by wearable technologies: A systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2021; 24: 1180–1192.
53. Roberts G. e-Inhalers. *Clin Exp Allergy* 2018; 48: 102–103.
54. Almonacid C, Melero C, López Viña A, et al. Effectiveness of Text Message Reminders on Adherence to Inhaled Therapy in Patients With Asthma: Prospective Multicenter Randomized Clinical Trial. *JMIR Form Res* 2021; 5: e12218.
55. Moore A, Preece A, Sharma R, et al. A randomised controlled trial of the effect of a connected inhaler system on medication adherence in uncontrolled asthmatic patients. *European Respiratory Journal*; 57. Epub ahead of print 1 June 2021. DOI: 10.1183/13993003.03103-2020.
56. Fonseca A, Osmá J. Using Information and Communication Technologies (ICT) for Mental Health Prevention and Treatment. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18: E461.
57. Kampmeijer R, Pavlova M, Tambor M, et al. The use of e-health and m-health tools in health promotion and primary prevention among older adults: a systematic literature review. *BMC Health Serv Res* 2016; 16 Suppl 5: 290.
58. Sanchez MA, Rabin BA, Gaglio B, et al. A systematic review of eHealth cancer prevention and control interventions: new technology, same methods and designs? *Transl Behav Med* 2013; 3: 392–401.
59. Silang KA, Sohal PR, Bright KS, et al. eHealth Interventions for Treatment and Prevention of Depression, Anxiety, and Insomnia During Pregnancy: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR Ment Health* 2022; 9: e31116.
60. Jaramillo-Martinez GA, Vasquez-Serna H, Chavarro-Ordoñez R, et al. Ibagué Saludable: A novel tool of Information and Communication Technologies for surveillance, prevention and control of dengue,

- chikungunya, Zika and other vector-borne diseases in Colombia. *J Infect Public Health* 2018; 11: 145–146.
61. Yang F, Wang Y, Yang C, et al. Mobile health applications in self-management of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of their efficacy. *BMC Pulm Med* 2018; 18: 147.
  62. Epstein D, Barak-Corren Y, Isenberg Y, et al. Clinical Decision Support System: A Pragmatic Tool to Improve Acute Exacerbation of COPD Discharge Recommendations. *COPD* 2019; 16: 18–24.
  63. Merone M, Pedone C, Capasso G, et al. A Decision Support System for Tele-Monitoring COPD-Related Worrisome Events. *IEEE J Biomed Health Inform* 2017; 21: 296–302.
  64. Khemasuwan D, Sorensen JS, Colt HG. Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19. *Eur Respir Rev* 2020; 29: 200181.
  65. Mlodzinski E, Stone DJ, Celi LA. Machine Learning for Pulmonary and Critical Care Medicine: A Narrative Review. *Pulm Ther* 2020; 6: 67–77.
  66. Kumar Y, Koul A, Singla R, et al. Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *J Ambient Intell Humaniz Comput* 2022; 1–28.
  67. Den Exter A. Editorial: EHealth Law: The Final Frontier? *Eur J Health Law* 2016; 23: 227–230.
  68. Dimond B. Telemedicine and the law. *Nurs Times* 2003; 99: 50–52.
  69. De Pietro C, Francetic I. E-health in Switzerland: The laborious adoption of the federal law on electronic health records (EHR) and health information exchange (HIE) networks. *Health Policy* 2018; 122: 69–74.
  70. Edemacu K, Jang B, Kim JW. Collaborative Ehealth Privacy and Security: An Access Control With Attribute Revocation Based on OBDD Access Structure. *IEEE J Biomed Health Inform* 2020; 24: 2960–2972.
  71. Al-Issa Y, Ottom MA, Tamrawi A. eHealth Cloud Security Challenges: A Survey. *J Healthc Eng* 2019; 2019: 7516035.
  72. de la Torre-Díez I, López-Coronado M, Vaca C, et al. Cost-utility and cost-effectiveness studies of telemedicine, electronic, and mobile health systems in the literature: a systematic review. *Telemed J E Health* 2015; 21: 81–85.



© 2022 por los autores; Esta obra está sujeta a la licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.