

Impacto y eficacia de la telemedicina en las áreas de fisioterapia y laboratorio clínico

Impact and effectiveness of medical technology in the areas of physiotherapy and clinical laboratory

Beatriz Coelho¹ , Carmen R López D¹ , Marisol Linares¹ 

RESUMEN

La telemedicina ha emergido como una estrategia clave en la transformación de los servicios sanitarios, impulsada por los avances exponenciales en tecnología en el campo de la salud. Este estudio tuvo como objetivo analizar el impacto y la eficacia de la telemedicina en las áreas de fisioterapia y laboratorio clínico, mediante una revisión sistemática de literatura siguiendo los criterios de la Declaración PRISMA y el marco PCC (Población, Concepto, Contexto). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos PubMed, Google Scholar y Scopus, utilizando tesauros DeCS y MeSH. Se incluyeron estudios publicados entre 2019 y 2024, en inglés y español, con acceso a texto completo. La selección y evaluación de 22 artículos se realizó de forma independiente por dos revisores, y las discrepancias se resolvieron por consenso con un tercer revisor. Se extrajeron datos relevantes sobre el tipo de tecnología, aplicación, resultados y población estudiada. Los hallazgos indican que la telefisioterapia ofrece resultados clínicos comparables a la rehabilitación convencional en pacientes con enfermedades crónicas, musculoesqueléticas y respiratorias, con ventajas adicionales en accesibilidad, optimización de recursos y adherencia terapéutica. En el laboratorio clínico, la incorporación de tecnologías como inteligencia artificial, aprendizaje profundo y sistemas de información ha mejorado la eficiencia en la gestión de pruebas, la calidad diagnóstica y el acceso a servicios, aunque algunos modelos predictivos aún requieren validación clínica robusta. Se concluye que la sociedad demanda un cambio en el modelo de atención sanitaria apuntando al uso de la telemedicina como estrategia global, en este ámbito de la fisioterapia y el laboratorio clínico, en los cuales se han documentado grandes avances.

Palabras clave: Telemedicina, telerehabilitación, telediagnóstico, inteligencia artificial, laboratorio clínico.

ABSTRACT

Telehealth has emerged as a key strategy in the transformation of healthcare services, driven by exponential advances in medical technology. This study aimed to analyze the impact and effectiveness of medical technology in the areas of physical therapy and clinical laboratory, through a systematic literature review following the criteria of the PRISMA Declaration and the PCC framework (Population, Concept, Context). The literature search was conducted in the PubMed, Google Scholar, and Scopus databases, using DeCS and MeSH thesauri. Studies published between 2019 and 2024, in English and Spanish, with full-text access, were included. Twenty-two articles were selected and evaluated independently by two reviewers, and discrepancies were resolved by consensus with a third reviewer. Relevant data on the type of technology, application, outcomes, and study population were extracted. The findings indicate that telephysiotherapy offers clinical outcomes comparable to conventional rehabilitation in patients with chronic musculoskeletal and respiratory conditions, with additional advantages in accessibility, resource optimization, and therapeutic adherence. In clinical laboratories, the incorporation of technologies such as artificial intelligence, deep learning, and information systems has improved efficiency in test management, diagnostic quality, and access to services, although some predictive models still require robust clinical validation. It is concluded that society demands a change in the healthcare model, aiming for the use of telehealth as a global strategy in the field of physiotherapy and clinical laboratory work, where significant advances have been documented.

Keywords: Telehealth, telerehabilitation, telediagnosis, artificial intelligence, clinical laboratory.

¹Dpto. Ciencias Morfológicas Microscópicas. Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Autor de correspondencia:

Beatriz Coelho 

Correo:

beatrizdetorrez.uc@gmail.com

Recibido: 13/02/2025

Aceptado: 10/03/2025

Publicado: 22/03/2025

Citar como:

Coelho B, López CR, Linares M. Impacto y eficacia de la telemedicina en las áreas de fisioterapia y laboratorio clínico. e-Rev P. Med. 2025; 1:e250002. <https://doi.org/10.61286/e-RPM/0101-002.2025>

Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons 

Introducción

El avance de la tecnología y las telecomunicaciones han facilitado y potenciando procesos cotidianos con la integración de mejoras en los diversos sistemas. En el sector salud, la telemedicina ha revolucionado la forma en que se abordan los desafíos buscando la optimización de los servicios, generando mayor accesibilidad, oportunidad, pertinencia, eficacia, disponibilidad y calidad en la atención del paciente¹. Además, permite innovar en la prestación de servicio, buscando la sostenibilidad con la racionalización de los recursos sanitarios, así como la mejora de calidad de vida de los pacientes, con atención médica oportuna². En este contexto, la Organización Mundial de la Salud³ definió telemedicina, al suministro de servicios de atención sanitaria llevado a cabo por profesionales sanitarios que utilizan tecnologías de la información y la comunicación en el intercambio de información válida para establecer diagnósticos, prevención y tratamiento de enfermedades. También abarca la formación continua de profesionales en atención a la salud y actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de sus comunidades. Su desarrollo comenzó a mediados del siglo XX, pero hasta hace dos décadas empezó a implantarse en los sistemas sanitarios⁴. Existen varias modalidades de telemedicina aplicada en la práctica clínica como la teleconsulta (e-consulta), el telediagnóstico (e-diagnóstico), o la telemonitorización (e-monitorización).

Esta referencia fue el inicio de iniciativas diversas que pretenden acercar los cuidados al paciente. Posteriormente, se introdujo otro concepto, telemedicina (e-salud), haciendo referencias a las actividades, servicios y sistemas relacionados con la salud que se llevan a cabo a distancia, mediante las tecnologías de la información y las comunicaciones, con el propósito de promover la salud global, el control de enfermedades y la asistencia sanitaria, así como la educación, gestión e investigación para la salud⁵. Actualmente, la telemedicina se utiliza en muchas especialidades clínicas y en numerosos entornos sanitarios, que van desde las aplicaciones móviles centradas en el paciente hasta complejas interacciones entre los médicos en los entornos terciarios de referencia hospitalaria³. Las razones por las que se decide recurrir a esta práctica parecen ir ligadas a un volumen alto de demanda para un servicio médico concreto². La telemedicina como sistema de cribado y derivación de pacientes desde atención primaria (AP) hasta el nivel hospitalario es eficaz no solo en patologías de un gran impacto por su gravedad, sino en otras que por su elevada prevalencia suponen una carga asistencial importante.⁶

Ahora bien, en una de las áreas donde se han visualizado múltiples beneficios de la implementación de la asistencia médica remota es la rehabilitación física o fisioterapia; ya que esta herramienta permite impartir de una forma innovadora las terapias a los pacientes que la requieran. En concreto, la telefisioterapia (TF) se define como la prestación de servicios de fisioterapia a distancia mediante la tecnología de la información y la comunicación. Puede incluir evaluación, asesoramiento, monitorización, prevención, intervención o educación en función de las necesidades que presente el paciente⁷. Esta puede ser sincrónica o asincrónica⁸ en función de si el paciente recibe instrucciones por parte del fisioterapeuta en directo o si por el contrario tiene a su disposición una plataforma con vídeos o instrucciones ya previstas por el equipo sanitario, la gran parte de las intervenciones usan una combinación de estos⁹. Cabe destacar que en la literatura científica se hace referencia a telerehabilitación (TR) (MeSH Terms: Telerehabilitation); aunque sería conveniente hacer la diferenciación entre telefisioterapia y telerehabilitación, ya que la segunda involucraría a todo el conjunto de profesiones que participan en procesos de rehabilitación (fisioterapia, terapia ocupacional, logopedia, neuropsicología, medicina deportiva e ingeniería biomédica) y la primera sólo a los fisioterapeutas. No obstante, dado que la mayoría de la literatura científica aborda la telefisioterapia (TF) en el marco conceptual de la telerehabilitación (TR), se adoptará el término TR por su carácter integrador, al incluir explícitamente las intervenciones fisioterapéuticas dentro de su alcance.

Se ha listado una amplia variedad de modalidades de TR, dado que, dependiendo de la patología a tratar y los recursos disponibles, los requerimientos serán completamente diferentes; podemos observar tratamientos por vídeo o audioconferencias, mensajes de texto, plataformas digitales, aplicaciones móviles, realidad virtual o aparatos portátiles, entre otros. Asimismo, la variedad de patologías susceptibles a tratar mediante la TR es extensa, siendo las más recurrentes como el ICTUS o accidente cerebrovascular (ACV), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedades musculoesqueléticas¹⁰. Por otra parte, en el área del laboratorio clínico la telemedicina ha hecho grandes avances en cuanto a la fabricación de equipos médicos que simplifican la realización de las pruebas, con mayor cantidad de biomarcadores destinados en completar el examen físico y la anamnesis del médico, para así establecer un diagnóstico. Sin embargo, al considerar el flujo de trabajo y el contexto sanitario como una serie de procesos complejos, surgen los sistemas de información en salud con la finalidad de capturar, intercambiar, almacenar, tener acceso y gestión de información clínica relevante para contribuir a la calidad y eficiencia de la atención, mejorar la accesibilidad y el conocimiento médico¹¹. Con este argumento, la informática en salud, busca desarrollar y gestionar eficiente y estratégicamente nuevos sistemas que fortalezcan las etapas preanalíticas y postanalíticas.¹²

El uso de las herramientas tecnológicas de información y comunicación (TIC), ha sido una buena herramienta para tratar con menos recursos y ser más efectivos en el acompañamiento al paciente, se ha representado un aumento en la atención de pacientes con alta complejidad patológica, logrando mayor adherencia al tratamiento y cambios en el estilo de vida¹³. Las TIC permiten un tratamiento sistemático de datos, información y conocimiento en el entorno sanitario y contribuyen considerablemente al progreso de las ciencias de la salud. Entre los beneficios de implementar TIC encontramos que

favorecen la continuidad del cuidado gracias a que mejoran la comunicación del equipo de salud y el acceso ubicuo a la información clínica. Además, se ha observado disminución de errores de la medicación, principalmente con la utilización de sistemas de prescripción electrónica y sistemas de soporte a la toma de decisiones¹². Actualmente, se ha acrecentado el empleo de la telemedicina en las diversas áreas a causa de la crisis mundial por COVID 19, que obligó a transformar los servicios de salud¹⁴. Siendo la TR, un referente como alternativa efectiva para aminorar la demanda que recibían los centros sanitarios durante el confinamiento y facilitar la labor de los cuidadores¹⁵, ya que se demostró la eficiencia de la rehabilitación respiratoria de manera remota para mejorar la función pulmonar, la tolerancia al ejercicio y reducir la disnea.¹⁰

Específicamente la TR ha logrado que la participación del paciente sea más activa; lo que se traduce en un incremento de la actividad física realizada, una mejora psicológica general y un mejor manejo de la enfermedad¹⁰. Además de proporcionar tratamientos de fisioterapia en áreas en riesgo de exclusión como pueden ser ambientes rurales o poblaciones con menos recursos para trasladarse³; generando beneficios para la recuperación de un padecimiento o limitación; partiendo de la idea que el paciente no tiene que desplazarse de su casa, eliminando barreras de espacio y generando una cultura diferente de rehabilitación. En cuanto, al laboratorio clínico, los beneficios se hacen más evidente en la gestión y en la optimización del tiempo. La aplicación de programas de sistematización de datos y posterior automatización del trabajo analítico, ha aumentado considerablemente las potencialidades de procesamiento del laboratorio clínico, permitiendo la realización de un mayor número de determinaciones en menor tiempo, el incremento de los indicadores de calidad (precisión y exactitud) a cifras nunca antes alcanzadas mediante el trabajo manual y la disminución significativa de los costos con el acortamiento en los tiempos de entrega de los resultados a médicos y pacientes.¹⁶

La telemedicina en este contexto de la investigación se refiere a la infraestructura y los servicios no clínicos (como la fisioterapia y el laboratorio clínico, entre otras) que facilitan la prestación de atención de salud a distancia, como las plataformas tecnológicas, la administración sanitaria y la infraestructura tecnológica de salud. Las tendencias actuales de telemedicina incluyen visitas médicas virtuales y de TR, pruebas de laboratorio con acceso directo, servicios y citas auxiliares habilitados por aplicaciones o la web, disponibilidad de resultados de pruebas habilitados por aplicaciones o la web entre otras¹⁷. Estas preferencias se han visto impulsadas por el aumento de los costos de la atención, la inmediatez de resultados en línea y de la atención médica personalizada¹⁸. En este orden de ideas, la telemedicina ha evolucionado significativamente, influyendo de manera activa en la prestación de servicio en salud. Este impacto orientado a la optimización de los recursos y procesos, ha hecho posible el incremento de productividad y la gestión financiera; siendo la razón de ser: los pacientes. Por todo lo anteriormente expuesto, y con el objetivo de analizar el impacto y eficacia de la telemedicina en las áreas de rehabilitación física y laboratorio clínico se realizó una revisión sistemática de la literatura.

Materiales y Métodos

Para lograr el objetivo propuesto, se realizó una revisión sistemática de literatura (RSL)¹⁹, que consiste en un proceso riguroso y metodológico para sintetizar la evidencia existente sobre un tema específico, en la cual siguen un protocolo predefinido para identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar los estudios relevantes, minimizando el sesgo y maximizando la fiabilidad de los resultados. La indagación de fuente bibliográfica se realizó en la web, en las bases de datos PubMed, Google Scholar y Scopus, empleando los tesauros de Descriptores en Ciencia de la Salud (DeCS) y Medical Subject Headings (MeSH). Las preguntas de revisión se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de revisión sistemática de literatura.

Preguntas de Investigación	
La telefisioterapia en el abordaje clínico, ¿cuál es su impacto y beneficio en comparación con el enfoque presencial?	
Población	Pacientes definidos como personas con una enfermedad que requiera de fisioterapia
Intervención	Uso de la telemedicina por cualquier medio tecnológico
Comparadores	Telemedicina vs abordaje presencial
Desenlaces	Asistencia oportuna, mejora del dolor y afección física, cambio en hábitos de vida. Optimización de recurso y tiempo; facilidad de acceso a pacientes en áreas remotas
La telemedicina y su eficiencia con el laboratorio clínico, ¿mejora la calidad de atención y seguimiento de los pacientes en comparación a los procesos administrativos tradicionales?	
Población	Usuarios del laboratorio clínicos, pacientes, médicos
Intervención	Uso de la telemedicina, TIC, sistemas de clasificación de datos, aprendizaje profundo, inteligencia artificial
Comparadores	Gestión de exámenes de laboratorios con el uso de sistemas tecnológicos vs procesos administrativos manuales
Desenlaces	Resultados oportunos, optimización de recurso y tiempo; facilidad de acceso a pacientes

Además, se emplearon ecuaciones de búsqueda, para cada base de datos, las cuales se formaron por los descriptores correspondientes, combinados entre sí mediante los operadores booleanos AND y OR (tabla 2).

Tabla 2. Algoritmo de búsqueda.

Ecuación de búsqueda	Fecha de búsqueda
(((((telemedicine) OR (telehealth)) OR (remote health)) AND (physical rehabilitation)) OR (telerehabilitation)) OR (rehabilitation remote))	05/03/2024
(((((telehealth) OR (telemedicine)) AND ("laboratory test management")) OR ("laboratory test reduction")) OR ("predictive analyses"))	

Se establecieron como criterios de elegibilidad de los artículos se tomaron en cuenta los siguientes: CE1: idioma (español e inglés); CE2: período de publicación (desde 2019 hasta 2024; antigüedad menor a 5 años); CE3: disponer de texto completo en los artículos gratuitos; CE4: publicados en revistas indexadas. CE5: presencia de términos de búsqueda en el título/resumen, ya que ambos proporcionan información sustancial y el enfoque del artículo. Fueron desestimados las cartas editoriales, anotaciones académicas y otros tipos de literatura con escaso valor científico. De igual manera, para la elección de estudios, se definió el principio Población, Concepto y Contexto (PCC), lo cual se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios para la elegibilidad de los artículos científicos.

PCC	Criterios de inclusión	Criterio de exclusión
La telefisioterapia en el abordaje clínico, ¿cuál es su impacto y beneficio en comparación con el enfoque presencial?		
Población	Pacientes definidos como personas con una enfermedad (independientemente de la indicación) que utilizan telerehabilitación	Personas que no pertenecen al grupo de usuarios directos, como los administradores de centros de rehabilitación
Concepto	Telefisioterapia a (o telerehabilitación) se define como la prestación de servicios de fisioterapia a distancia mediante la tecnología de la información y la comunicación (TIC), en formato individual o grupal	Programas sin la compañía de profesionales de la salud (por ejemplo, información pura en línea, sistemas de monitoreo independientes o aplicaciones/dispositivos de salud comerciales) Programas de rehabilitación diferente a terapias físicas
Contexto	Telerehabilitación física utilizado por los pacientes en entorno doméstico, remoto	Rehabilitación que se lleva a cabo en un entorno supervisado o hospitalizado, presencial
La telemedicina y su eficiencia con el laboratorio clínico, ¿mejora la calidad de atención y seguimiento de los pacientes en comparación a los procesos administrativos tradicionales?		
Población	Usuarios del laboratorio clínico	Personas que no pertenecen al grupo de usuarios directos
Concepto	Telemedicina se define como la gestión de pruebas de laboratorio a distancia mediante TIC, IA, aprendizaje profundo	Programas sin respaldo profesionales, aplicaciones web sin validación científica
Contexto	Gestión de pruebas de laboratorio clínico de manera remota, predicción de resultados, disminución de pruebas de laboratorio	Gestión de pruebas de laboratorio de manera tradicional
Criterios formales		
	Artículos en inglés o español período 2019-2024	Resúmenes, sin acceso al texto completo, carta al editor, carteles, antologías, protocolos
	Investigación empírica (todos los diseños de estudio), revisiones, literatura gris	

La sistemática para la evaluación de la calidad, extracción y síntesis de data consistió en la revisión por parte de dos revisores independientes y dirigida por un tercero tiene la intención de disminuir cualquier sesgo proveniente del evaluador.

Resultados y Discusión

Se realizó una revisión de la literatura, siguiendo los criterios de la Declaración PRISMA (figura 1) y el marco PCC (Población, Concepto, Contexto) y posterior a aplicar la sistemática de búsqueda, se identificaron 183 registros en las bases de datos Google Scholar, Pubmed y Scopus. De estos, se eliminaron 71 artículos por duplicación. Registrándose 112 artículos para el tamizaje por título y resumen. En este paso se excluyeron 82 artículos por no cumplir con los criterios de elección, resultando 30 documentos para ser valorado a texto completo. En este último proceso se eliminaron 8 artículos por no cumplir con los criterios de selección. Finalmente, se trabajaron 22 artículos, que fueron clasificados posteriormente de acuerdo a su relación con telefisioterapia, de los que se obtuvieron 12 artículos; mientras que para telemedicina relacionado con el laboratorio clínico, se tuvo como resultado 10 documentos. En las tablas 3 y 4 se describen las principales características de los artículos analizados.

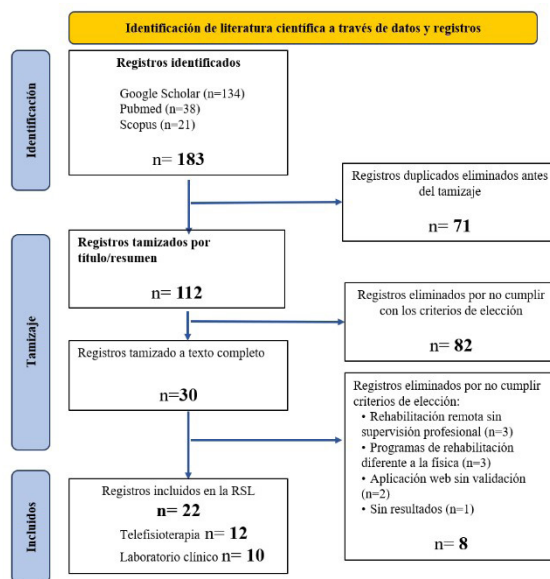


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

En este contexto de la revisión sistemática de la literatura, la telefisioterapia y la telemedicina en el laboratorio clínico emergen como estrategias innovadoras para optimizar el acceso, la continuidad y la eficiencia de los servicios clínicos. Su implementación plantea interrogantes en comparación con los enfoques presenciales convencionales. Por lo que a fin de responder a estas inquietudes, a continuación se discuten con algunos estudios recientes y los aportes de diversos autores.

La telerehabilitación (TR) o telefisioterapia en el abordaje clínico, ¿cuál es su impacto y beneficio en comparación con el enfoque presencial?

Antes del surgimiento de la pandemia del SARS-CoV-2 ya existían programas de rehabilitación física a distancia, sin embargo, debido a la coyuntura a causa del confinamiento esta práctica remota se estableció como una alternativa viable para seguir asistiendo a los pacientes que requerían de fisioterapia, razón por la cual varios investigadores plantearon estudios para evaluar el impacto y eficiencia de la rehabilitación física empleando como herramientas la TIC, en la tabla 3 se señalan las principales características de los estudios seleccionados en la presente RSL.

El avance vertiginoso de las telecomunicaciones y aparición de los dispositivos electrónico, tipo smartphone, tablet, computadoras, cuya disponibilidad es global; permitió la aparición de la bioinformática y la robótica aplicada a la medicina. Han sido diversas las investigaciones realizadas en este ámbito dando prioridad a la atención de la salud de acuerdo con las necesidades de cada paciente, promoviendo ampliamente el uso de la telemedicina, logrando una asistencia oportuna de los pacientes.

En este contexto, Stark *et al.*,²⁴ realizaron una RSL, cuyo objetivo fue recopilar evidencia sobre las competencias requeridas por los pacientes y profesionales de la salud para el uso de la TR. La evidencia científica, demostró que para utilizar con éxito la TR se requiere una variedad de competencias a saber (conocimientos, habilidades, actitudes y rasgos personales). Estas competencias difieren según el programa y las tareas que realizan los profesionales de la salud, los pacientes o la tecnología. Además, indican la existencia de vacíos de investigación sobre la relevancia de los factores sociodemográficos o las diferentes aptitudes relacionadas con la salud, tanto para los profesionales como para el paciente.

Asimismo, se ha tratado de demostrar las ventajas de la TR en comparación a la fisioterapia en ambientes hospitalarios o establecimientos de salud. En revisiones de literatura se ha documentado las evidencias científicas, sin embargo, la mayoría de las investigaciones indaga una región y patología en específico, limitando el cálculo de porcentajes de éxito de la rehabilitación virtual frente a la fisioterapia convencional. Por su parte, Barrios *et al.*,²⁰ asociaron la TR en entornos virtuales interactivos como propuesta de rehabilitación en pacientes con discapacidad, entre los hallazgos de su recopilación documental, mencionaron que las discapacidades más trabajadas son las relacionadas con la parálisis cerebral.

Así mismo, la tecnología posibilita el tratamiento cognitivo, físico y social, con un seguimiento a distancia de los pacientes. También destaca como ventaja en comparación con el tratamiento convencional, que el paciente se recupera en el hogar (evitando los traslados) y por tanto manteniéndose en su núcleo familiar, lo cual psicológicamente facilita la recuperación. Y desde el punto de vista técnico, las herramientas y sistemas tecnológicos permiten, automáticamente, almacenar la

información de progreso en la nube, simular y modelar diferentes ejercicios para determinar y proyectar los mejores escenarios de recuperación. Se señala a la realidad virtual, el uso de video juegos y el sensor Kinect, con acercamiento al traslado de los sistemas de TR a la nube, como las tecnologías más empleadas en rehabilitación.

Tabla 4. Principales características de los artículos analizados relacionados con telefisioterapia impacto y eficacia en el abordaje clínico

Nº	Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivos	Conclusiones
1	Barrios et al. [20]	2019	RSL	Conocer los avances tecnológicos y analizar evidencia científica sobre TR.	Facilitaría la disminución de los costos; además, aumenta la motivación y adaptación de este tipo de tratamiento.
2	Appleby et al. [21]	2019	RSL	Actualizar la base de evidencia actual sobre la efectividad de la TR para el accidente cerebrovascular.	La TR muestra potencial como forma alternativa de rehabilitación para personas con ACV
3	Vinolo-Gil et al. [22]	2021	RSL	Analizar la evidencia disponible sobre la eficacia de la TR en pacientes con EPOC.	La TR en los pacientes con EPOC es igual de eficaz que la rehabilitación pulmonar ambulatoria, obteniendo mayores beneficios en capacidad funcional, autoeficacia, salud mental, y número de exacerbaciones y visitas a urgencias, siendo una opción rentable y con alta satisfacción.
4	Wicks et al. [23]	2023	RSL	Presentar la TR como una estrategia en salud.	La TR en el ámbito fisioterapéutico es una estrategia fundamental para la atención en salud de pacientes, obteniendo resultados satisfactorios desde la mejora de sus capacidades y la vinculación a diversas actividades.
5	Stark et al. [24]	2023	RSL	Recopilar evidencia sobre las competencias requeridas por los pacientes y profesionales de la salud para el uso de la TR.	La TR requiere una variedad de competencias diferentes por parte de los pacientes y profesionales de la salud, que van más allá del ámbito de las habilidades técnicas.
6	Zhang et al. [25]	2023	RSL	Comparar la efectividad de los programas de TR domiciliarios con los programas de rehabilitación hospitalarios para mejorar el dolor y la función en diversos momentos, después la artroplastia total de rodilla inicial.	Los programas de TR domiciliaria y de rehabilitación hospitalaria mostraron resultados comparables a largo plazo en dolor, movilidad, función física y estado de salud informado por el paciente después de la artroplastia total primaria de rodilla.
7	Gamble et al. [26]	2024	RSL	Revisar la efectividad de la TR guiada para mejorar el desempeño funcional en adultos mayores.	La TR podría ser una alternativa prometedora para mejorar el rendimiento funcional en adultos mayores.
8	Godtfredsen et al. [27]	2020	Ensayo controlado aleatorio	Comparar la rehabilitación pulmonar ambulatoria estandarizada (grupo de control) o en TR, supervisada y en el hogar (grupo de intervención).	No hubo diferencias significativas entre o dentro de los grupos un año después de la finalización del programa.
9	Knudsen et al. [17]	2020	Ensayo no aleatorio	Evaluar la activación del paciente y la alfabetización sanitaria en TR en comparación con la rehabilitación cardíaca hospitalaria.	La TR y la rehabilitación cardíaca hospitalaria parecieron tener el mismo éxito en mejorar la activación del paciente y la alfabetización sanitaria.
10	Bloumpa [28]	2023	Ensayo aleatorizado, simple ciego y de grupos paralelos	Determinar los efectos de un programa de TR de seis semanas sobre el control glucémico, la capacidad funcional, la fuerza muscular, la actividad física, la calidad de vida y la composición corporal en pacientes con diabetes tipo 2.	Los hallazgos de este estudio indican que un programa de ejercicios TR en el hogar supervisado de 6 semanas indujo beneficios significativos en pacientes con diabetes tipo 2, permitiendo así la implementación de la tele salud en la práctica de rehabilitación como un enfoque alternativo.
11	Chen et al. [29]	2023	Estudio aleatorizado, simple ciego y controlado de grupos paralelos	Explorar los efectos de la TR domiciliaria sobre las alteraciones dinámicas en la actividad neuronal intrínseca regional y el grado de centralidad en pacientes con accidente cerebrovascular mediante métodos de resonancia magnética funcional en estado de reposo (fMRI).	Este estudio implicó que el entrenamiento de TR en el hogar puede alterar los patrones de actividad cerebral espontánea dinámica y la conectividad funcional en ciertas regiones del cerebro. Proporciona una base teórica para la tecnología de estimulación cerebral no invasiva y estrategias para formular programas de rehabilitación específicos para pacientes con accidente cerebrovascular y disfunción motora.
12	Quédrago et al. [18]	2024	Diseño cualitativo descriptivo	Explorar la aceptabilidad de la TR y los factores que influyen en su adopción por parte de personas con accidente cerebrovascular y cuidadores.	Promover el uso generalizado y eficaz de la TR en el contexto de la recuperación de personas con accidente cerebrovascular.

En este orden de ideas, Appleby *et al.*,²¹ a través de una RSL pretendió informar la práctica clínica en la TR y ayudar a la toma de decisiones tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud, para la rehabilitación física de personas con accidentes cerebrovasculares. Los hallazgos resumidos de la revisión sugieren que la TR puede ser tan efectiva como la atención habitual para la función motora, las actividades de la vida diaria, la independencia y la satisfacción/calidad de vida. Lo que resalta el potencial de la TR como un modelo alternativo de atención en comparación con la atención habitual. No obstante, no hay suficiente evidencia de que la TR puede no ser superior a los modelos tradicionales de atención en casos de paciente con ACV, pero como es comparable con ellos, puede ofrecer otros beneficios en entornos de práctica; como un mayor acceso a la atención para los pacientes y una mayor eficiencia para los profesionales de la salud.

También, se han realizado evaluaciones de literatura científicas relacionada con la eficacia de la TR en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)²², se ha identificado en estudios publicados algunos vacíos de información importantes, como la especificación del tipo de EPOC y las posibles comorbilidades que los sujetos puedan tener, que pudieran interferir con la realización de los protocolos de intervención. Vinolo-Gil *et al.*,²² señala que las técnicas de fisioterapia respiratoria más usadas en pacientes con EPOC, son entrenamiento de fuerza, de resistencia y de extremidades superiores o inferiores. Además, la duración de los programas fue variable (entre cuatro y dieciséis semanas); y, el podómetro ha sido el instrumento más utilizado para medir el nivel de actividad física. Los métodos de TR más utilizados son las app o software para realizar video-llamadas a tiempo real, visualizar los ejercicios y registrar los progresos conseguidos. Se concluye que el uso de la TR en pacientes con EPOC mejoraba el impacto en el estado de salud, el nivel de actividad física, la capacidad funcional, la disnea, la salud mental, la autoeficacia, la calidad de vida, las exacerbaciones y las tasas de ingreso y de visitas a urgencias, la rentabilidad, la interacción entre paciente y sanitario y la satisfacción.

Otro aspecto considerado para comparar la efectividad de los programas de TR con los programas de rehabilitación hospitalarios ha sido la mejora del dolor y la función después la artroplastia total de rodilla inicial. Zhang *et al.*,²⁵ realizó una RSL y metaanálisis al respecto, los resultados indicaron que en estos aspectos ambos programas lograron resultados análogos. Señalaron que TR enfrenta desafíos en términos de cumplimiento por parte del paciente de las prescripciones

de ejercicio en comparación con la rehabilitación hospitalaria. Por lo tanto, mejorar la adherencia a los programas de TR podría ser una estrategia crucial para mantener los beneficios de los resultados del ejercicio. Además, según los estudios incluidos, la rehabilitación hospitalaria, generalmente, generó costos más altos que la TR.

Esto puede atribuirse, hasta cierto punto, a la mayor frecuencia de transporte y servicios de atención hospitalaria necesarios para la rehabilitación hospitalaria, lo que genera costos elevados. De igual manera, advirtieron que la tendencia creciente del envejecimiento de la población mundial hará posible la TR como tratamiento de primera línea después del reemplazo articular. Recomendando la necesidad de desarrollar una guía de práctica clínica elaborada para la TR domiciliaria después de la ATR. En relación a la FR para adultos mayores, se han establecido estudios para determinar su efecto basados en ejercicios dirigidos por fisioterapeutas relacionado con mejora de la calidad de vida relacionada con la salud, el desempeño funcional en adultos mayores, y los costos de los servicios de salud^{23,26}. Para ello, se consideraron estudios cuya población era de edad media ≥ 65 años y recibieron TR basada en ejercicios dirigida por un fisioterapeuta. Wicks *et al.*,²³ en su RSL, identificaron las afecciones musculoesqueléticas y cardiopulmonares como las más frecuentes, en comparación a la fisioterapia presencial, la TR no fue inferior en relación con el rango de movimiento, la fuerza, la distancia de caminata de 6 minutos (6MWD), la prueba cronometrada y activada (TUGT) y la calidad de vida, y tuvo costos de atención médica más bajos.

Gamble y otros.,²⁶ resalta que, a pesar de la popularidad de la TR, existen pruebas contradictorias sobre su eficacia, se debe considerar el requerimiento y el nivel de compromiso del paciente. Para explicar esta variabilidad consideró las diversas necesidades de las personas con accidente cerebrovascular: algunas requieren rehabilitación hospitalaria intensiva, mientras que otras pueden acceder a los mismos servicios desde entornos comunitarios. Destacan que, en la actualidad, no existe ninguna guía basada en evidencia para brindar intervenciones de TR a adultos mayores. Sin embargo, subrayan el potencial de la TR, por lo tanto, se necesita de más investigaciones con diseños bien estructurados para que proporcionen hallazgos definitivos sobre el impacto y la efectividad de la telefisioterapia geriátrica que, en el futuro, probablemente implicará un equilibrio importante entre la atención presencial y remota.

Ahora bien, en los estudios de ensayo controlados, los investigadores han comparado, generalmente, grupos controles identificando a los pacientes que reciben rehabilitación hospitalaria (GC) y grupo de intervención (GI) a los TR. Kaudsen *et al.*,¹⁷ realizó una intervención a pacientes con enfermedad isquémica o valvular cardíaca, durante de 12 semanas de entrenamiento físico de tres sesiones de 60 minutos por semana supervisado variaron entre caminar, correr, girar y entrenamiento de fuerza muscular; monitoreando las frecuencias cardíacas y respiratoria, presión arterial y peso corporal, además de teleconsultas semanales con asesoramiento integral por un equipo multidisciplinario. Observaron que, en el GI, los pacientes eran más responsables de controlar periódicamente su comportamiento de salud, alentándolos a ser más proactivos. Un hallazgo importante, fue la alfabetización en salud, el GI parecía tener un nivel educativo más alto, sugiriendo que puede influir en el éxito de la TR. Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencia en cuanto a la mejora de los pacientes con cardiopatías, siendo similares para ambos grupos.

En cuanto a rehabilitación pulmonar (RP), Godtfredsen y su equipo²⁷ compararon la efectividad de la TR en 234 pacientes con EPOC, la intervención fue de 10 semanas y realizaron evaluaciones posteriores al finalizar la intervención, 3 y 12 semanas. Se fomentó el ejercicio de mantenimiento, pero no se proporcionó en ninguno de los grupos durante el seguimiento. Encontraron 6MWD sin cambios desde el inicio hasta el seguimiento tanto en rehabilitación convencional (RC) como en TR sin diferencias entre los grupos. Al final de la intervención y en el seguimiento de 3 meses, identificaron mejoras estadísticamente significativas en 6MWD en ambos grupos, sin embargo, no superó la diferencia mínima clínicamente importante para este resultado, por lo tanto, ni FC ni la TR en la RP se asociaron con mejoras sostenibles en la capacidad física evaluadas por el 6MWD. A pesar que la TR pueden tener ventajas para mejorar la tasa de asistencia y superar la barrera del transporte con medidas de igual efecto, faltan efectos a largo plazo, que puede mejorar con mayor alfabetización en salud.

Por su parte, Chen *et al.*,²⁹ analizaron los datos de neuroimagen de 52 pacientes con accidente cerebrovascular, compararon la actividad neuronal espontánea regional dinámica (amplitud dinámica de las fluctuaciones de baja frecuencia, dALFF; y homogeneidad regional dinámica, dReHo) y la centralidad de grado dinámica (dDC) entre los grupos TR y RC. Los resultados en el GI, los pacientes mostraron un aumento de dALFF en el precúneo derecho y la circunvolución pre-central bilateral (PreCG) y una reducción de dALFF en el lóbulo parietal inferior derecho mediante el análisis de los efectos principales. Detectaron diferencias significativas entre los grupos en el precuneus derecho, el giro fusiforme derecho y el giro frontal medio izquierdo para dReHo y en el giro cingulado izquierdo, el giro temporal medio derecho y el precuneus izquierdo para dDC. Además de, correlación significativa en el grupo TR entre el dALFF modificado en el PreCG izquierdo y las puntuaciones modificadas de la evaluación Fugl-Meyer (FMA) desde el inicio hasta la posrehabilitación. Concluyeron que, la identificación de regiones cerebrales clave mediante indicadores de neuroimagen, como la actividad cerebral regional dinámica y el grado de centralidad en el proceso de recuperación, proporcionaría una base teórica para la tecnología de estimulación cerebral no invasiva y estrategias para formular programas de TR específicos para pacientes con accidente cerebrovascular y disfunción motora.

La TR supervisado ha sido empleado en diversas morbilidades crónicas, entre ellas la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM-2). Blioumpla *et al.*,²⁸ determinaron la efectividad a corto plazo de un programa de ejercicio TR supervisado en estos pacientes. A los que clasificaron al azar en GC y GI, cada uno de 15 participantes. Realizaron supervisión y telemonitorización en tiempo real de las sesiones de ejercicio por parte de un fisioterapeuta, se implementó la monitorización regular de los niveles de glucosa en sangre (inmediatamente antes y después del entrenamiento físico, y unas horas después del entrenamiento físico). Empleando estrategias de ejercicio de bajo costo, factible, fácil de implementar y con potencial para el entorno doméstico. Los resultados mostraron, beneficios significativos en pacientes con DM-2, con disminución del 0,99% en los niveles de HbA1c; mejora de su capacidad funcional, fuerza muscular, calidad de vida disminución de peso corporal IMC en 0,57 kg/m². Demostrando que la TR es una alternativa prometedora para el tratamiento de la DM-2.

Quédraogo y otros,¹⁸ en un estudio cualitativo descriptivo exploraron la aceptabilidad de la TR y los factores que influyen en su adopción por parte de personas con ACV y cuidadores. Los resultados mostraron que los participantes informaron experiencias positivas con TR, con mejoras en las habilidades funcionales, como la destreza manual, el equilibrio y las interacciones positivas con los terapeutas. Encontraron que la tecnología era fácil de aprender y utilizar, lo que facilitó la participación en TR. Sin embargo, los problemas técnicos, las conexiones a Internet inestables y la falta de retroalimentación fueron barreras para el uso de TR. Siendo necesario abordar estas barreras para promover el uso generalizado y eficaz de la TR en el contexto de la recuperación del accidente cerebrovascular.

La telemedicina y su eficiencia con el laboratorio clínico, ¿mejora la calidad de atención y seguimiento de los pacientes en comparación a los procesos administrativos tradicionales?

El creciente desarrollo tecnológico y los sistemas de procesamiento de datos, han propiciado el surgir de nuevos procesos y nuevos enfoques en, el área del laboratorio clínico. Se ha señalado una evolución en la gestión de pruebas, considerando las tres etapas del análisis: preanalítico, analítico y postanalítico. El desarrollo de "sistemas de información en salud" para mejorar el acceso y gestión de información clínica ha resultado un beneficio que contribuye a la calidad y eficacia del servicio, adquiriendo un rol fundamental para impulsar propuestas de bioinformática con el objetivo de optimizar los recursos y el tiempo. Los artículos analizados para esta temática de investigación se resume en la tabla 5.

Tabla 5. Principales características de los artículos analizados relacionados con telemedicina y su impacto y eficacia.

Nº	Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Conclusión
1	Shannon [30]	2021	RSL	Mostrar visión general de qué es la IA y qué aplicaciones están disponibles actualmente en la atención sanitaria y en la medicina de laboratorio en particular.	Se han desarrollado modelos muy prometedores, pero sólo unos pocos han llegado a la práctica clínica; liberando tiempo valioso para la atención real al paciente.
2	Cardozo et al. [31]	2022	RSL	Identificar investigaciones científicas que utilizaran pruebas de laboratorio y técnicas de aprendizaje automático para predecir información oculta y diagnosticar enfermedades.	Las pruebas de laboratorio, junto con las técnicas de aprendizaje automático, pueden predecir nuevas pruebas, ayudando así a la búsqueda de nuevos diagnósticos; permitiendo descubrir información oculta y proponer pruebas adicionales, reduciendo el número de falsos negativos y ayudando al descubrimiento temprano de enfermedades desconocidas.
3	Devis et al. [32]	2024	RSL	Valorar intervenciones para reducir las pruebas inadecuadas en la UCI	Las intervenciones con herramientas de asistencia basadas en IA/ML podrían ser prometedoras para mejorar la idoneidad de las pruebas en el futuro.
4	Aikens et al. [33]	2019	Exploratorio descriptivo	Proponer un modelo de aprendizaje automático para reducir el desperdicio en el gasto sanitario es identificar y desalentar la repetición innecesaria de pruebas de laboratorio.	Basados en modelos de aprendizaje automático supervisados y datos contextuales fácilmente disponibles de los registros médicos electrónicos de los pacientes, se puede abordar sistemáticamente las pruebas de diagnóstico de bajo valor.
5	Paranjape et al. [34]	2021	Exploratoria descriptiva	Evaluar las opiniones de las partes interesadas en la medicina de laboratorio sobre el valor de la IA en el espacio del diagnóstico e identificar los desafíos y soluciones previstos para la introducción de la IA.	El conocimiento específico sobre IA en la comunidad médica es deficiente y que la educación sobre IA es muy necesaria.
6	Liniger et al. [35]	2022	Exploratoria enfoque retrospectivo	Generar evidencia computacional para valores predictivos/efectividad de parámetros de laboratorio específicos y, en consecuencia, reemplazar los algoritmos preexistentes basados en opiniones de expertos.	Al proporcionar correlaciones confiables entre los análisis y el diagnóstico de isquemia miocárdica, demostraron las posibilidades de crear pautas computacionales imparciales para el diagnóstico de laboratorio mediante el uso del poder computacional en la era actual de la digitalización.
7	Lobo et al. [36]	2020	Experimental	Desarrollar un enfoque de red neuronal recurrente que utiliza datos históricos junto con datos futuros de dosis de hierro y ESA para predecir los niveles de Hgb a 1, 2 y 3 meses de pacientes con anemia inducida por ESRD.	Mostraron que este enfoque genera predicciones que son clínicamente relevantes: el error absoluto medio de las predicciones es comparable a las estimaciones de la variabilidad intraindividual de la prueba de laboratorio para Hgb.
8	Fitzgerald et al. [37]	2021	Experimental	Presentar un método basado en datos para predecir la respuesta del paciente en la unidad de cuidados intensivos (UCI) a los protocolos de control glucémico teniendo en cuenta la heterogeneidad del paciente y las variaciones en la atención.	Demostraron que los EMR se pueden utilizar para entrenar algoritmos de aprendizaje automático que pueden ser adecuados para su incorporación en los sistemas de soporte de decisiones de la UCI.
9	Chengshen g et al. [38]	2022	Experimental	Desarrollar un sistema médico inteligente (llamado MedGCN) que pueda recomendar automáticamente los medicamentos de los pacientes en función de sus pruebas de laboratorio incompletas, e incluso puede estimar con precisión los valores de laboratorio que no se han tomado	Construyeron un gráfico para asociar 4 tipos de entidades médicas, pacientes, encuentros, pruebas de laboratorio y medicamentos. Aplicaron una red neuronal gráfica para aprender las incorporaciones de nodos de recomendación de medicamentos y la imputación de pruebas de laboratorio.
10	Huang et al. [39]	2023	Experimental	Proponer un nuevo modelo de aprendizaje profundo para identificar pruebas de hemoglobina (Hgb) innecesarias para pacientes ingresados en el hospital	El modelo de aprendizaje profundo tiene potencial de reducir significativamente los costos de atención médica y mejorar los resultados de los pacientes al identificar pruebas de laboratorio innecesarias para pacientes hospitalizados.

La implementación de la Inteligencia Artificial (IA) para aumentar y automatizar la toma de decisiones, en medicina de laboratorio ha aumentado los flujos de trabajos basados en humanos, con estos sistemas se incluyen automatización de instrumentos, detección de errores, previsión, interpretación de resultados, utilización de pruebas, genómica y análisis de imágenes. La implementación de algoritmos de IA también ofrece desafíos técnicos y de usabilidad que deben comprenderse para tener éxito. La implementación de algoritmos de IA es análoga a implementar nuevas pruebas, con beneficios y desafíos. Las funciones que desempeñan los laboratorios serán importantes tanto para la utilidad de los algoritmos como para el valor de los propios laboratorios³⁰. En el contexto, del laboratorio clínico, se ha tratado de crear redes que entrecrucen los resultados para facilitar el diagnóstico. En este sentido, Cardozo y otros³¹ buscaron en a través de una RSL, identificar investigaciones científicas que utilizaron pruebas de laboratorio y técnicas de aprendizaje automático para predecir información oculta. Constataron que el parámetro biomédico más empleado para estos modelos predictivos es el hemograma completo, concluyendo que, las pruebas de laboratorio, junto con técnicas de aprendizaje automático, pueden predecir nuevas pruebas, ayudando así a la búsqueda de nuevos diagnósticos. Este proceso ha demostrado ser ventajoso e innovador para los laboratorios médicos, permitiendo descubrir información oculta y proponer pruebas adicionales, reduciendo el número de falsos negativos y ayudando al descubrimiento temprano de enfermedades desconocidas.

Otra arista que sumar, es el aumento de los gastos sanitarios, al igual que la utilización de recursos de laboratorio, datos señalan que entre el 20-40% de las pruebas solicitadas se consideran inadecuadas. Las consecuencias más desfavorables resultan de pruebas y tratamientos innecesarios (uso excesivo) y de diagnóstico omitidos o retrasados, siendo el UCI una de las áreas donde más se visualiza esta situación. Deivis *et al.*,³² revisaron las intervenciones destinadas a mejorar la utilización adecuada de los recursos de laboratorio en la UCI, identificando seis categorías discretas de intervenciones: educación y orientación (E&G), auditoría y retroalimentación (A&F), control de acceso, ingreso computarizado de órdenes médicas, intervenciones multifacéticas y basadas en IA/ML. Las intervenciones con herramientas de asistencia basadas en IA/ML podrían ser prometedoras para mejorar la idoneidad de las pruebas en el futuro. La colaboración entre los médicos y el personal de laboratorio es clave para mejorar la utilización racional del laboratorio. La reducción del uso excesivo está sobrerrepresentada en la literatura en comparación con la mejora de la infrautilización.

Con el objetivo de reducir el desperdicio en el gasto sanitario Aikens *et al.*,³³ propusieron un modelo de aprendizaje automático que pudiera realizar predicciones de pruebas de laboratorio personalizadas en tiempo real, de manera confiable, para identificar y desalentar la repetición innecesaria. Para ello, aplicaron, seis algoritmos estándar de aprendizaje automático a seis años (2008-2014) de datos de pacientes hospitalizados de un centro académico terciario, para predecir cuándo es probable que la próxima medición de una prueba de laboratorio sea "la misma" que la anterior. De las 13 pruebas de laboratorio comunes para pacientes hospitalizados seleccionadas para este análisis, varias son predeciblemente estables en muchos casos. Esto apunta a áreas potenciales donde los enfoques de aprendizaje automático pueden identificar y prevenir pruebas innecesarias antes de que ocurran, y un marco metodológico sobre cómo se pueden realizar estas tareas. Encontraron una gran proporción de pruebas repetidas dentro de $\pm 10\%$ ($0 \pm 0,1$ DE) de la medición anterior, lo que indica que un gran volumen de pruebas repetitivas puede estar aportando poca información nueva. Algunos análisis de laboratorio son predeciblemente estables bajo ciertas definiciones, mientras que otras no lo son. En particular, las pruebas de magnesio en sangre/suero, troponina I y creatinina quinasa se destacan como objetivos potenciales donde un gran volumen de pruebas repetidas a menudo son altamente predecibles, lo que representa cientos de miles de dólares en volumen de carga anual estimado. Por el contrario, otros tipos de pruebas de laboratorio no parecen ser fácilmente predecibles.

En este sentido, Huang *et al.*,³⁹ propusieron un nuevo modelo de aprendizaje profundo para identificar pruebas de hemoglobina (Hgb) innecesarias para pacientes ingresados en el hospital. Para ello, recopilaron datos internos de pacientes de un hospital universitario en Houston y datos externos de pacientes de la base de datos MIMIC III. Se estimó la confianza de la predicción para evaluar la confiabilidad de los resultados pronosticados, adoptando una filosofía de diseño de "seleccionar y predecir" para maximizar el rendimiento de la predicción al considerar selectivamente muestras con alta confianza de predicción para las recomendaciones. El modelo acomodó datos de observación muestreados irregularmente para hacer pleno uso de correlaciones de variables, es decir, con otros valores de pruebas de laboratorio, y dependencias temporales, con pruebas de laboratorio previas realizadas, dentro del mismo encuentro en la selección de candidatos para entrenamiento y predicción. Como resultado, se observó un rendimiento notable en la predicción de Hgb, logrando un AUC de normalidad del 95,89% y un AUC de estabilidad de Hgb del 95,94%, al tiempo que recomendaba una reducción del 9,91% de las pruebas de Hgb que se consideraron innecesarias. Además, el modelo podría generalizarse bien a pacientes externos ingresados en otro hospital, lo que puede ayudar a reducir los riesgos para la salud y los costos de atención médica.

Por su parte, Liniger *et al.*,³⁵ realizaron un estudio cuyo objetivo fue demostrar la capacidad de un conjunto de algoritmos para identificar analitos predictivos para un diagnóstico específico, la metodología propuesta la examinaron con los analitos asociados con la isquemia miocárdica. Los datos que utilizaron consistieron en grabaciones anonimizadas preexistentes

de la sala de urgencias que incluían todos los casos de pacientes con un valor medido de troponina T. Emplearon una técnica de imputación múltiple, aumento de datos ortogonales y promedio del modelo bayesiano para crear modelos predictivos de isquemia miocárdica. Cada modelo incorporó diferentes analitos como cofactores. Al examinar más a fondo estos modelos, concluyeron en la importancia predictiva de cada analito en cuestión. Los algoritmos utilizados extrajeron la troponina T como un analito altamente predictivo para la isquemia miocárdica. Como se trata de una relación conocida, se reconoce la importancia predictiva de la troponina T como prueba de concepto, sugiriendo un método funcional. Además, demostraron las capacidades del algoritmo para extraer de los datos factores de riesgo conocidos de isquemia miocárdica. Al proporcionar correlaciones confiables entre los analitos y el diagnóstico de isquemia miocárdica, demostraron las posibilidades de crear pautas computacionales imparciales para el diagnóstico de laboratorio mediante el uso del poder computacional en la era actual de la digitalización.

Asimismo, Fitzgerald *et al.*,³⁷ presentaron un método basado en datos para predecir la respuesta del paciente en la unidad de cuidados intensivos (UCI) a los protocolos de control glucémico teniendo en cuenta la heterogeneidad del paciente y las variaciones en la atención. Usaron registros médicos electrónicos (EMR) de 18.961 admisiones en UCI del conjunto de datos MIMIC-III, incluidas 318.574 mediciones de glucosa en sangre, entrenaron y validaron un algoritmo de aprendizaje automático (ML) de árbol impulsado por gradiente para pronosticar la glucosa en sangre del paciente y un intervalo de predicción del 95% en intervalos de 2 horas. El modelo utiliza como entradas datos de series temporales multivariadas irregulares relacionados con el historial médico reciente de los pacientes hospitalizados y el control glucémico, incluidos los niveles previos de glucosa en sangre, nutrición y dosificación de insulina. Como resultado, el modelo de pronóstico que utiliza EMR recopilados de forma rutinaria logra un rendimiento comparable a los modelos anteriores desarrollados en estudios de investigación planificados que utilizan el monitoreo continuo de glucosa en sangre. El error del modelo, expresado como error porcentual absoluto medio, es del 16,5% al 16,8% y el análisis de la cuadrícula de errores de Clarke demuestra que el 97% de las predicciones serían clínicamente aceptables. Por tanto, este modelo puede ser adecuado para su incorporación en los sistemas de soporte de decisiones de la UCI.

Con la intención de aumentar la eficacia en la prestación de servicio de salud, con el uso de IA. Chengsheng *et al.*,³⁸ propusieron realizar imputaciones de pruebas de laboratorio y recomendaciones de medicamentos, con el propósito de disminuir costos en pruebas potencialmente redundantes e informar a su vez a los médicos sobre prescripciones más efectiva. Al cual llamaron el médico inteligente (MedGCN), es un sistema que integra las relaciones complejas entre múltiples tipos de entidades médicas con sus características inherentes en un gráfico heterogéneo. Construyeron un gráfico para asociar 4 tipos de entidades médicas, es decir, pacientes, encuentros, pruebas de laboratorio y medicamentos, y aplicaron una red neuronal gráfica para aprender las incorporaciones de nodos para la recomendación de medicamentos y la imputación de pruebas de laboratorio. Este modelo fue validado en dos conjuntos de datos del mundo real: NMEDW y MIMIC-III. Los resultados experimentales en ambos conjuntos de datos demuestran que el MedGCN puede superar al estado del arte en ambas tareas; pudiendo proporcionar una forma prometedora y confiable de ayudar a los médicos a identificar tratamientos y ahorrar costos en pruebas de laboratorio potencialmente redundantes.

En medio del indudable avance de la tele salud, en donde la medicina de laboratorio continúa su digitalización y automatización, el reto en que enfrenta asociado a la IA están relacionados a la comprensión, para qué sirve, cómo evaluarla, cuáles son sus limitaciones y cómo se puede implementar. Por lo que Paranjape³⁴ realizó un estudio exploratorio para evaluar las opiniones de las partes interesadas en la medicina de laboratorio sobre el valor de la IA en el espacio del diagnóstico e identificar los desafíos y soluciones previstas para introducción de la IA. A través de una encuesta web a 128 participantes, 26% eran médicos y 22% directores de laboratorio. La IA se utiliza actualmente en las organizaciones en 15,6%, mientras que el 66,4% cree que podría utilizarla en el futuro. La mayoría tenía una actitud insegura sobre lo que necesitarían para adoptar la IA en el ámbito del diagnóstico. Se identificaron como barreras para la adopción los altos costos de inversión, la falta de beneficios clínicos comprobados, la cantidad de tomadores de decisiones y las preocupaciones sobre la privacidad.

Ahora bien, la e-salud como proceso de intervención ha tomado fuerza en los últimos años, facilitando el acceso de algunas poblaciones que se le dificulta asistir a la presencialidad, bien sea por razones contextuales o económicos. Varias son las disciplinas médicas que han empleado herramienta TIC. Entre ellas, fisioterapia y el laboratorio clínico, a pesar del su avance, su aplicabilidad aún genera controversia³⁵. En cuanto a la telefisioterapia, las investigaciones no reportan diferencias significativas en comparación a la rehabilitación convencional, sin embargo, las ventajas están mayormente relacionadas con aspectos socioeconómicos, que a la misma terapia. Mientras que, las desventajas están relacionadas con particulares técnicas, acceso a equipos, plataformas y conectividad.¹⁷

Según la evidencia científica analizada, la TR ha sido evaluada abordando una patología en específico, resultando ser eficiente para mejorar el dolor, función física, fuerza muscular, la discapacidad, la disnea, la salud mental, la autoeficacia, la calidad de vida de las personas con afecciones musculoesqueléticas, accidentes cerebrovasculares, EPOC, DM-2, posterior artroplastia total de rodilla, adultos mayores^{18,20-29}, lo que supone ventajas para la implementación de programas de salud en comunidades rurales y remotas o para personas que no pueden desplazarse²⁵⁻²⁷ a su centro de salud;

además, fomentan la autogestión y automanejo²⁸ de la enfermedad, influyendo de manera positiva en el seguimiento de los pacientes con enfermedades crónicas y la adherencia a sus tratamientos, por tanto, disminuyeron las exacerbaciones y las tasas de ingreso y de visitas a urgencias, la rentabilidad, la interacción entre paciente y sanitario y la satisfacción.²²

Los métodos de TR más utilizados son realidad virtual, uso de video juegos, el sensor Kinect, las app o software para realizar video-llamadas a tiempo real, visualizar los ejercicios y registrar los progresos, con acercamiento al traslado de los sistemas de TR a la nube^{20,22,28}. Como obstáculo, se pueden señalar la alfabetización en salud y tecnológica²⁷ tanto por parte de los pacientes como los profesionales de la salud. De igual manera, es necesario validar estos programas por especialistas en las áreas requeridas ya que, debido a la globalización, en la web puede darse el intrusismo.

En las últimas décadas, el uso IA en el ámbito sanitario ha considerado la cantidad de datos generados en los variados procesos de la medicina, por lo que se ha requerido nuevos métodos de análisis y tratamiento de datos, que se han empleado en el análisis de datos hematopatológicos, radiográficos, de laboratorio, genómicos, farmacológicos y químicos para informar mejor el diagnóstico, el pronóstico, la planificación del tratamiento y los conocimientos fundamentales relacionados con la enfermedades y prevención. El impacto del desarrollo tecnológico en los servicios de los laboratorios clínicos, se ha evidenciado con el diseño de sistemas bioinformáticos de datos y modelos predictivos para la idoneidad de pruebas, disminución en la repetición de análisis.³⁰⁻³⁹

A través de propuestas de bioinformática (aprendizaje automático, red neuronal), se ha innovado con diferentes modelos predictivos, con el objetivo de mejorar la gestión de pruebas de laboratorio, permitiendo descubrir datos ocultos, entrelazar información para disminuir el uso y abuso redundantes de pruebas, proponer pruebas adicionales, reduciendo el número de falsos positivos, aportando datos oportunos para el diagnóstico y sugiriendo el tratamiento farmacológico adecuado^{30,35-39}. Las investigaciones demostraron resultados alentadores, señalando analitos estables que, en circunstancias particulares, pueden ser predecibles, representando esto una disminución en costo y tiempo. En particular, las pruebas de magnesio en sangre/suero, troponina I, creatinina quinasa³³ y Hgb³⁴, se destacan como análisis potenciales donde un gran volumen de pruebas repetidas a menudo son altamente predecibles, en pacientes hospitalizado. Asimismo, la glucosa en pacientes de la UCI.³⁷

En cuanto a la eficiencia del uso de la tecnología en la medicina del laboratorio, se puede dar garantía en las etapas preanalítica y postanalítica, en donde los sistemas de datos, han demostrado un mejor manejo y confiabilidad de los datos, reducción en el tiempo de respuestas, mayor acceso de pacientes por aumento de muestras procesadas por unidad de tiempo, reducción de errores humano³⁰. Sin embargo, se detectó una actitud insegura sobre el uso de la telemedicina, la IA, por la falta de evidencia científica sólida que respalden los beneficios de los modelos de predictivos, preocupaciones acerca de la privacidad, el costo de la inversión necesaria para incorporar estas herramientas³⁵. Por tanto, es importante la educación sobre el valor de la telemedicina, su implementación simplificada y la integración en los flujos de trabajo existentes, además de investigaciones para demostrar la utilidad clínica.^{30-33,35}

En conclusión, la sociedad demanda un cambio en el modelo de atención sanitaria apuntando al uso de la telemedicina como estrategia global, en este ámbito de la fisioterapia y el laboratorio clínico, en los cuales se han documentado grandes avances. Con la TR existen evidencias de la eficiencia de esta práctica en el abordaje de pacientes con enfermedades crónicas y musculoesqueléticas, no reportándose diferencias significativas con respecto a la rehabilitación convencional, por lo que, sus ventajas están orientadas a la optimización de recursos y tiempo. En el ámbito del laboratorio clínico, ha impactado positivamente en mejora de la gestión de pruebas de laboratorio, en la parte preanalítica con la organización de datos y dando mayor acceso a más pacientes. Se han propuestos modelos predictivos para pruebas en pacientes con características particulares, los cuales siguen en estando en validación y sus beneficios aún generan polémicas. Se recomienda a nivel profesional dentro de los currículos, componentes de formación en este campo, que respondan a esta tendencia globalizada de atención en salud bajo una perspectiva de innovación y optimización del recurso disponible. De igual manera, persisten desafíos relacionados con la alfabetización digital, la infraestructura tecnológica y la validación científica de nuevas herramientas, por lo que se recomienda continuar con investigaciones con sólidas metodologías, empleando muestras mayores y realizando seguimientos más prolongados para conocer los efectos a largo plazo.

Conflicto de intereses: Los autores no reportan conflicto de intereses.

Referencias

1. Litewka S. Telemedicina: un desafío para América Latina. *Acta Bioeth.* 2005;11(2):127–32. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2005000200003>.
2. World Health Organization. Intellectual property rights and access to medicines: glossary [Internet]. E-health [Internet]. Geneva: WHO; 2013 [citado febrero de 2024]. Disponible en: <http://www.who.int/trade/glossary/story021/en/index.html>.

3. Organización Panamericana de la Salud. Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina [Internet]. Washington, D.C.: OPS; 2001 [citado febrero de 2024]. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/784/9275323631.pdf?sequence=1>.
4. Zundel KM. Telemedicine: history, applications, and impact on librarianship. *Bull Med Libr Assoc*. 1996;84(1):71-9.
5. Rabanales J, Párraga I, López-Torres JA, Pretel F, Navarro B. Tecnologías de la información y las telecomunicaciones: telemedicina. *Rev Clin Med Fam*. 2011;4(1):42-8. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-695X2011000100007.
6. Carregal A, Mayo M, Bustabad B. Telemedicina, una nueva herramienta para la gestión del dolor: resultados de su implementación en una estructura organizativa de gestión integral (EOXI). *Rev Soc Esp Dolor*. 2020;27(2):97-103. <https://doi.org/10.20986/resed.2020.3756/2019>.
7. Richmond T, Peterson C, Cason J, Billings M, Terrell EA, Lee ACW, et al. American Telemedicine Association's principles for delivering telerehabilitation services. *Int J Telerehabil*. 2017;9(2):63-8. <https://doi.org/10.5195/ijt.2017.6232>
8. Kizony R, Weiss PL, Harel S, Feldman Y, Obuhov A, Zeilig G, et al. Tele-rehabilitation service delivery journey from prototype to robust in-home use. *Disabil Rehabil*. 2017;39(15):1532-40. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1250827>.
9. Caughlin S, Mehta S, Corriveau H, Eng JJ, Eskes G, Kairy D, et al. Implementing telerehabilitation after stroke: lessons learned from Canadian trials. *Telemed J E Health*. 2020;26(6):710-9. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0097>
10. Gallego Martínez L. *Evaluación de la tele-rehabilitación en fisioterapia: una revisión bibliográfica*. [tesis de pregrado]. Alicante: Universidad Miguel Hernández de Elche; 2022. Disponible en: <https://dspace.umh.es/handle/11000/25569>
11. Ochoa G, Daza M, Archila M, Montilla G, De la Torre M, Ubacius V. Las telecomunicaciones, la telemedicina y la reingeniería de la salud. *Ing UC*. 1998;5(1). Disponible en: <https://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a5n1/5-1-2.pdf>.
12. Plazzotta F, Luna D, González Bernaldo de Quirós F. Sistemas de información en salud: integrando datos clínicos en diferentes escenarios y usuarios. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2015;32(2):343-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36341083020>.
13. González B, de Quirós F, Luna DR, Baum AJ, Plazzotta F, Otero C, et al. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires [Internet]. Santiago de Chile: CEPAL; 2014 [citado febrero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/6684d2b3-1ad0-4036-b4d2-a904de019bd7>.
14. Monraz-Pérez S, Pacheco-López A, Castorena-Maldonado A, Benítez-Pérez RE, Thirión-Romero I, López-Estrada EC, et al. Telemedicina durante la pandemia por COVID-19. *Neumol Cir Torax*. 2021;80(2):132-40. <https://doi.org/10.35366/100996>.
15. Di Lorito C, Long A, Byrne A, Harwood RH, Gladman JRF, Schneider S, et al. Exercise interventions for older adults: a systematic review of meta-analyses. *J Sport Health Sci*. 2021;10(1):29-47. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.003>.
16. Schonfeld C. La evaluación de tecnologías en salud como herramienta para la mejora de la gestión del laboratorio. *Acta Bioquim Clin Latinoam*. 2013;47(1):121-43. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53526207016>.
17. Ramírez Oviedo GA, Ortiz Quiñones ZY, Andrade Díaz KV. Telemedicina y telemedicina: un viaje a través de la investigación bibliométrica en salud. *Rev Espacios*. 2025;46(2):213-31. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n02p17>.
18. Burns J. Strategist explains key trends in healthcare's transformation. The Dark Report. 2019 Oct 14 [citado febrero de 2024];26(14). Disponible en: <https://www.darkintelligencegroup.com/the-dark-report/clinical-laboratory-trends/strategist-explains-key-trends-in-healthcares-transformation/>.
19. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
20. Barrios M, Rodríguez L, Pachón C, Medina B, Sierra J. Telerehabilitación funcional en entornos virtuales interactivos como propuesta de rehabilitación en pacientes con discapacidad. *Rev Espacios*. 2000;40(25):1. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n25/a19v40n25p01.pdf>.
21. Appleby E, Gill ST, Hayes LK, Walker TL, Walsh M, Kumar S. Effectiveness of telerehabilitation in the management of adults with stroke: a systematic review. *PLoS One*. 2019;14(11):e0225150. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225150>.

22. Vinolo-Gil MJ, Herrera-Sánchez C, Martín-Vega FJ, Martín-Valero R, Gonzalez-Medina G, Pérez-Cabezas V. Efficacy of tele-rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *An Sist Sanit Navar*. 2022;45(2):e0999. Spanish. <https://doi.org/10.23938/ASSN.0999>.
23. Wicks M, Dennett AM, Peiris CL. Physiotherapist-led, exercise-based telerehabilitation for older adults improves patient and health service outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2023;52(11):afad207. <https://doi.org/10.1093/ageing/afad207>.
24. Stark AL, Krayter S, Dockweiler C. Competencies required by patients and health professionals regarding telerehabilitation: a scoping review. *Digit Health*. 2023;9:20552076231218841. <https://doi.org/10.1177/20552076231218841>.
25. Zhang H, Wang J, Jiang Z, Deng T, Li K, Nie Y. Home-based tele-rehabilitation versus hospital-based outpatient rehabilitation for pain and function after initial total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(51):e36764. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000036764>.
26. Gamble CJ, van Haastregt J, van Dam van Isselt EF, Zwakhalen S, Schols J. Effectiveness of guided telerehabilitation on functional performance in community-dwelling older adults: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2024;38(4):457–77. <https://doi.org/10.1177/02692155231217411>.
27. Godtfredsen N, Frølich A, Bieler T, Beyer N, Kallemose T, Wilcke T, *et al*. 12-months follow-up of pulmonary tele-rehabilitation versus standard pulmonary rehabilitation: a multicentre randomised clinical trial in patients with severe COPD. *Respir Med*. 2020;172:106129. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106129>.
28. Blioumpa C, Karanasiou E, Antoniou V, Batalik L, Kalatzis K, Lanaras L, *et al*. Efficacy of supervised home-based, real-time, videoconferencing telerehabilitation in patients with type 2 diabetes: a single-blind randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2023;59(5):628-39. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.07855-3>.
29. Chen J, Li J, Qiao F, Shi Z, Lu W. Effects of home-based telerehabilitation on dynamic alterations in regional intrinsic neural activity and degree centrality in stroke patients. *PeerJ*. 2023;11:e15903. <https://doi.org/10.7717/peerj.15903>.
30. Haymond S, McCudden C. Rise of the machines: artificial intelligence and the clinical laboratory. *J Appl Lab Med*. 2021;6(6):1640–54. <https://doi.org/10.1093/jalm/jfab075> PMID: 34379752.
31. Cardozo G, Tirloni SF, Pereira Moro AR, Marques JLB. Use of artificial intelligence in the search for new information through routine laboratory tests: systematic review. *JMIR Bioinform Biotechnol*. 2022;3(1):e40473. <https://doi.org/10.2196/40473>.
32. Devis L, Catry E, Honore PM, Mansour A, Lippi G, Mullier F, *et al*. Interventions to improve appropriateness of laboratory testing in the intensive care unit: a narrative review. *Ann Intensive Care*. 2024;14(1):9. <https://doi.org/10.1186/s13613-024-01244-y>.
33. Aikens RC, Balasubramanian S, Chen JH. A machine learning approach to predicting the stability of inpatient lab test results. *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc*. 2019;2019:515–23..
34. Paranjape K, Schinkel M, Hammer RD, Schouten B, Nannan Panday RS, Elbers PWG, *et al*. The value of artificial intelligence in laboratory medicine. *Am J Clin Pathol*. 2021;155(6):823–31. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaa170>.
35. Liniger Z, Ellenberger B, Leichter AB. Computational evidence for laboratory diagnostic pathways: extracting predictive analytes for myocardial ischemia from routine hospital data. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(12):3148. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12123148>.
36. Lobo B, Abdel-Rahman E, Brown D, Dunn L, Bowman B. A recurrent neural network approach to predicting hemoglobin trajectories in patients with end-stage renal disease. *Artif Intell Med*. 2020;104:101823. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101823>.
37. Fitzgerald O, Perez-Concha O, Gallego B, Saxena MK, Rudd L, Metke-Jimenez A, *et al*. Incorporating real-world evidence into the development of patient blood glucose prediction algorithms for the ICU. *J Am Med Inform Assoc*. 2021;28(8):1642–50. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab060>.
38. Mao C, Yao L, Luo Y. MedGCN: medication recommendation and lab test imputation via graph convolutional networks. *J Biomed Inform*. 2022;127:104000. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.104000>.
39. Huang T, Li LT, Bernstam EV, Jiang X. Confidence-based laboratory test reduction recommendation algorithm. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023;23(1):93. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02187-3>.