



*Avances recientes en la comprensión y manejo del tromboembolismo pulmonar*

*Recent advances in the understanding and management of pulmonary thromboembolism*

*Avanços recentes na compreensão e tratamento do tromboembolismo pulmonar*

Saira Alexandra Ullaguari-Cuenca <sup>I</sup>  
[sullaguar1@utmachala.edu.ec](mailto:sullaguar1@utmachala.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-2376-0173>

Mayra Anayelly Sumba-Ramón <sup>II</sup>  
[msumba3@utmachala.edu.ec](mailto:msumba3@utmachala.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0002-7887-0148>

Sheila Ximena Cruz-Quezada <sup>III</sup>  
[scruez5@utmachala.edu.ec](mailto:scruez5@utmachala.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8269-4311>

Klever Geovanny Cárdenas-Chacha <sup>IV</sup>  
[kcardenas@utmachala.edu.ec](mailto:kcardenas@utmachala.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-7641-5404>

**Correspondencia:** [sullaguar1@utmachala.edu.ec](mailto:sullaguar1@utmachala.edu.ec)

Ciencias de la Salud  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 01 de junio de 2024 \* **Aceptado:** 25 de julio de 2024 \* **Publicado:** 02 de agosto de 2024

- I. Estudiante de Medicina de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- II. Estudiante de Medicina de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- III. Estudiante de Medicina de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- IV. Dr. Profesor de la Carrera de Medicina en la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

## Resumen

Es una afección médica grave que se caracteriza por el taponamiento de arterias pulmonares por trombos. Este artículo revisa los últimos avances en diagnóstico y tratamiento. Biomarcadores como la angiografía pulmonar por tomografía computarizada (CTPA) y el dímero D han mejorado la precisión del diagnóstico. Los anticoagulantes orales directos (ACODs) y la trombólisis dirigida por catéter han revolucionado el tratamiento al proporcionar alternativas más seguras y eficaces. Además por ayuda de inteligencia artificial (IA) y la telemedicina van transformando el manejo y seguimiento de los pacientes. Consideraciones psicosociales, como la ansiedad y la depresión, también son abordadas mediante programas de rehabilitación y apoyo psicológico, mejorando así las condiciones de vida de todos los pacientes. Los avances continuos del campo prometen diagnósticos más precisos, tratamientos personalizados y un enfoque integral en el manejo del TEP.

**Palabras clave:** Tromboembolismo pulmonar; Diagnóstico; Tratamiento; Anticoagulantes; Telemedicina.

## Abstract

Pulmonary embolism is a serious medical condition characterized by blockage of pulmonary arteries by thrombi. This article reviews the latest advances in diagnosis and treatment. Biomarkers such as computed tomography pulmonary angiography (CTPA) and D-dimer have improved the accuracy of diagnosis. Direct oral anticoagulants (DOACs) and catheter-directed thrombolysis have revolutionized treatment by providing safer and more effective alternatives. In addition, artificial intelligence (AI) and telemedicine are transforming patient management and follow-up. Psychosocial considerations, such as anxiety and depression, are also addressed through rehabilitation and psychological support programs, thus improving the living conditions of all patients. Continued advances in the field promise more accurate diagnoses, personalized treatments, and a comprehensive approach to the management of PE.

**Keywords:** Pulmonary thromboembolism; Diagnosis; Treatment; Anticoagulants; Telemedicine.

## Resumo

É uma condição médica grave caracterizada pelo bloqueio das artérias pulmonares por trombos. Este artigo analisa os últimos avanços no diagnóstico e tratamento. Biomarcadores como a angiografia pulmonar por tomografia computadorizada (CTPA) e o dímero D melhoraram a precisão

diagnóstica. Os anticoagulantes orais diretos (DOACs) e a trombólise dirigida por cateter revolucionaram o tratamento, proporcionando alternativas mais seguras e eficazes. Além disso, com a ajuda da inteligência artificial (IA) e da telemedicina, estão a transformar a gestão e a monitorização dos doentes. As considerações psicossociais, como a ansiedade e a depressão, são também abordadas através de programas de reabilitação e apoio psicológico, melhorando assim as condições de vida de todos os doentes. Os avanços contínuos na área prometem diagnósticos mais precisos, tratamentos personalizados e uma abordagem abrangente para o tratamento da EP.

**Palavras-chave:** Tromboembolismo pulmonar; Diagnóstico; Tratamento; Anticoagulantes; Telemedicina.

## Introducción

El TEP se identifica por ser una condición médica grave con obstrucción de las arterias de los pulmones ocasionados con trombos, que ocurre en las venas profundas correspondientes a las extremidades inferiores. Debido a la alta mortalidad y morbilidad, esta patología constituye una emergencia clínica y constituye una de las principales causas de muerte cardiovascular a nivel mundial.

Las manifestaciones clínicas TEP varían desde asintomática hasta el colapso hemodinámico severo, lo que dificulta su diagnóstico y manejo oportuno<sup>1</sup>.

Los avances en nuestra comprensión de la fisiopatología del TEP han permitido una mejor identificación de los factores de riesgo y mecanismos subyacentes dentro de las últimas décadas. Entre estos avances se destacan los estudios sobre la genética de la coagulación, las nuevas técnicas de imagenología y el desarrollo de biomarcadores específicos que facilitan un diagnóstico más preciso y temprano<sup>2,3</sup>.

Además, el manejo del TEP ha evolucionado significativamente con la introducción de nuevos anticoagulantes orales directos (ACODs), que ofrecen una alternativa más segura y eficaz en comparación con los anticoagulantes tradicionales. La implementación de estrategias de tratamiento personalizado y uso de métodos mínimamente invasivos, en el caso trombólisis dirigida por catéter, han mejorado los efectos sanitarios y condiciones de vida de pacientes<sup>3</sup>.

En este trabajo investigativo analiza los avances actuales de la comprensión y manejo del TEP, abarcando desde los aspectos moleculares y genéticos hasta las innovaciones terapéuticas y sus implicaciones clínicas. El objetivo es proporcionar una visión integral y actualizada de esta

patología, destacando la importancia de un enfoque multidisciplinario para su diagnóstico y tratamiento óptimo<sup>3</sup>.

## **Desarrollo**

### **Avances en la Comprensión del Tromboembolismo Pulmonar**

#### **Fisiopatología y factores de riesgo**

TEP ocurre cuando un coágulo de sangre constituido en las venas profundas de las extremidades inferiores, primero va desprenderse y viaja por medio del sistema venoso hasta alojarse en las arterias pulmonares. Este evento desencadena una serie de respuestas fisiológicas que pueden llevar a un deterioro significativo de la función cardiovascular y respiratoria<sup>4</sup>.

Se clasifican los factores de riesgo en hereditarios y adquiridos. Entre los hereditarios, se encuentran las mutaciones en genes relacionados con la coagulación, como el factor V Leiden y las mutaciones del gen de la protrombina, se heredan. Los factores de riesgo adquiridos incluyen inmovilización prolongada, cirugía mayor, cáncer, gestación, y píldoras orales. La identificación para estos factores es crucial para la prevención y manejo del TEP, ya que permite la implementación de estrategias de profilaxis en pacientes de alto riesgo<sup>4</sup>.

La comprensión de la fisiopatología del TEP ha avanzado considerablemente con el estudio de la cascada de coagulación y la interrelación con las células endoteliales y otros componentes del trombo. Recientes investigaciones han identificado la importancia de los micropartículas y los exosomas liberados por las células activadas en la promoción de la trombosis. Además, el trabajo de la inflamación y estrés oxidativo en formación y propagación del trombo ha sido objeto de numerosos estudios, revelando nuevos objetivos terapéuticos<sup>5</sup>.

#### **Técnicas de Diagnóstico**

El diagnóstico precoz del TEP es fundamental para reducir la morbimortalidad. Esta evaluación clínica basada en escalas con probabilidad, como la escala de Wells, siendo uno de los primeros pasos dentro del proceso diagnóstico. Sin embargo, se requieren técnicas de imágenes especiales y pruebas de laboratorio para confirmar TEP<sup>6</sup>.

La base para diagnosticar TEP es la angiografía pulmonar por tomografía computarizada. Esta técnica facilita la visualización dentro de las arterias a los trombos correspondientes alta

sensibilidad y especificidad. Sin embargo, la gammagrafía de ventilación/perfusión (V/Q) sigue siendo una alternativa válida en pacientes con contraindicaciones para los medios de contraste <sup>5</sup>. Los biomarcadores séricos, como el dímero D, juegan un papel complementario en el diagnóstico del TEP. Los valores negativos del dímero D tienen un alto valor predictivo negativo y pueden descartar EP en pacientes con baja probabilidad clínica. La investigación en biomarcadores específicos, tanto como moléculas de adhesión celular y proteínas de fase, sigue en proceso y promete mejorar la precisión diagnóstica en el futuro<sup>7,8</sup>.

### **Innovaciones Terapéuticas**

El manejo del TEP ha evolucionado con la introducción de nuevos anticoagulantes y técnicas de intervención mínimamente invasivas. Los anticoagulantes orales directos (ACODs), como el rivaroxabán, apixabán y dabigatrán, han revolucionado el tratamiento del TEP, ofreciendo una alternativa eficaz y segura a la warfarina y la heparina. Estos fármacos no requieren monitoreo constante del INR y tienen menos interacciones alimentarias y farmacológicas<sup>7</sup>.

La trombólisis dirigida por catéter es una técnica innovadora que permite la administración localizada de agentes trombolíticos directamente en el sitio del trombo, minimizando el riesgo de hemorragias sistémicas. Esta técnica demuestra ser efectiva con pacientes que presenten TEP masivo y submasivo, mejorando los resultados hemodinámicos y reduciendo la mortalidad<sup>7</sup>.

Además, la investigación en terapias emergentes, como el uso de anticoagulantes específicos para ciertos subgrupos de pacientes y la terapia génica para corregir las mutaciones hereditarias predisponentes al TEP, está en marcha y promete abrir nuevas fronteras en el manejo de esta condición<sup>7</sup>.

### **Estrategias de Prevención**

La prevención del tromboembolismo pulmonar es una parte crucial del manejo global de la condición, especialmente en pacientes con alto riesgo. Las estrategias preventivas pueden clasificarse en farmacológicas y no farmacológicas.

### **Prevención Farmacológica**

El uso de anticoagulantes es la piedra angular de la prevención farmacológica. Se ha demostrado que la profilaxis con heparina de bajo peso molecular (HBPM) o fondaparinux es eficaz para reducir el riesgo de EP en pacientes hospitalizados. En pacientes quirúrgicos, la profilaxis anticoagulante debe adaptarse al tipo de cirugía y al riesgo individual de coágulos sanguíneos y hemorragia.<sup>8</sup>

Para la profilaxis de mayor tiempo para pacientes con trombofilia congénita o historia previa con TEP, los ACODs han mostrado ser una alternativa viable a la warfarina, con un perfil de seguridad favorable y una administración más conveniente. La investigación en anticoagulantes de acción prolongada y específicos para ciertos factores de coagulación continúa avanzando, lo que podría ofrecer nuevas opciones para la prevención del TEP en el futuro<sup>9</sup>.

### **Prevención No Farmacológica**

Las medidas no farmacológicas incluyen la movilización temprana, el uso intermitente de dispositivos de compresión neumática y medias de compresión progresiva, especialmente en pacientes postquirúrgicos o con inmovilización prolongada. La implementación de programas de rehabilitación y educación del paciente sobre la importancia de la movilización y la hidratación adecuada también es fundamental para prevenir el TEP<sup>10</sup>.

En el ámbito hospitalario, los protocolos de prevención del TEP deben ser rigurosamente aplicados y auditados para garantizar el cumplimiento de las directrices clínicas, creación de equipos multidisciplinarios dedicados a la prevención del tromboembolismo, que incluyan a médicos, enfermeras y farmacéuticos, puede mejorar significativamente la implementación de estas estrategias<sup>11</sup>.

### **Manejo de Complicaciones**

El manejo de las complicaciones asociadas al TEP es una parte importante de la atención integral. Las complicaciones más comunes incluyen a la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica y síndrome posttrombótico<sup>12</sup>.

### **Hipertensión pulmonar tromboembólica crónica (HPTEC)**

Siendo este a largo plazo una complicación de TEP, caracterizada por la perpetuación de material trombótico formado en las arterias de los pulmones, lo que lleva a aumentar la presión de este mismo y disfunción ventricular derecha. El diagnóstico precoz y el tratamiento adecuado de la HPTEC son primordiales para poder otorgar una mejor calidad de vida y pronóstico a aquellos pacientes<sup>10</sup>.

En el tratamiento de HPTEC incluye la terapia anticoagulante a largo plazo, la tromboendarterectomía pulmonar (TEP) en casos seleccionados, y uso de vasodilatadores pulmonares específicos, tales como: inhibidores de la fosfodiesterasa-5 (PDE-5) y antagonistas de los receptores de la endotelina. Angioplastia pulmonar con balón es una técnica emergente que ha dado resultados de ser efectiva para reducir la resistencia vascular pulmonar en pacientes con HPTEC inoperable<sup>13</sup>.

### **Síndrome Postrombótico**

El síndrome postrombótico es una complicación a largo tiempo que ocurre en aquellos pacientes con TEP y sobre todo con trombosis venosa profunda (TVP). Se presenta por dolor crónico, edema y cambios cutáneos en la extremidad afectada. El manejo del síndrome postrombótico incluye la utilización de medias de compresión graduada, ejercicios de compresión y programas de rehabilitación para mejorar el drenaje venoso y aliviar los síntomas<sup>14</sup>.

La investigación en nuevas terapias para el síndrome postrombótico, como el uso de fármacos antiinflamatorios y agentes que mejoran la recanalización venosa, está en curso y promete ofrecer nuevas alternativas de tratamiento en el futuro.

### **Enfoque Multidisciplinario**

El manejo óptimo del TEP necesita de un enfoque multidisciplinario que abarque una variedad de profesionales de la salud, incluidos cardiólogos, neumólogos, hematólogos, radiólogos y cirujanos. La coordinación entre estos especialistas es esencial para garantizar un diagnóstico preciso, un tratamiento efectivo y un seguimiento adecuado<sup>15</sup>.

Se ha demostrado que los programas de gestión de la actividad física que involucran a un equipo multidisciplinario mejoran los resultados clínicos y reducen la mortalidad. Estos programas suelen

incluir la evaluación del riesgo, la implementación de protocolos de tratamiento estandarizados y preparación continua de los profesionales de salud<sup>15</sup>.

Además, involucrar a los pacientes en su propio cuidado, mediante la educación sobre factores de riesgo, signos y síntomas del TEP, y la importancia del cumplimiento al tratamiento, es fundamental para prevenir recurrencias y complicaciones<sup>16</sup>.

### **Terapias Emergentes y Futuras**

La investigación en terapias emergentes para el tratamiento del tromboembolismo pulmonar está en constante evolución. Estas nuevas aproximaciones terapéuticas buscan mejorar la eficacia del tratamiento, reducir las complicaciones y proporcionar opciones personalizadas basadas en las características individuales de los pacientes<sup>17</sup>.

### **Nuevos Anticoagulantes y Agentes Antitrombóticos**

Además de los anticoagulantes orales directos (ACODs), se están desarrollando nuevos anticoagulantes que tienen como objetivo específico componentes individuales del sistema de coagulación. Por ejemplo, los inhibidores de los factores XI y XII están siendo investigados por su capacidad de disminuir el riesgo de trombosis con un bajo riesgo de hemorragia en equiparación con anticoagulantes actuales. Estos agentes prometen ofrecer una mayor seguridad y efectividad, especialmente en pacientes con mayor riesgo de sangrado<sup>16</sup>.

Además, se están explorando agentes antitrombóticos que actúan sobre las plaquetas y el endotelio vascular, en un intento de interferir con las primeras etapas de la trombosis. En estos agentes el desarrollo podría complementar los tratamientos anticoagulantes tradicionales y proporcionar nuevas opciones terapéuticas<sup>15</sup>.

### **Terapia Génica**

La terapia génica representa una frontera emergente en el manejo del TEP, particularmente para pacientes con trombofilias hereditarias. Esta terapia busca corregir las mutaciones genéticas que predisponen a la trombosis, ofreciendo una solución potencialmente curativa. Aunque aún en fases preliminares de investigación, los avances en la edición genética y la entrega de genes terapéuticos están mostrando resultados prometedores en modelos preclínicos<sup>15</sup>.

## **Inmunoterapia**

La inmunoterapia, conocida principalmente por su uso en oncología, está siendo investigada por su potencial en el tratamiento del TEP. La modulación del sistema inmunitario para reducir la inflamación y la formación de trombos es un área de creciente interés. Los estudios preliminares sugieren que ciertos agentes inmunomoduladores pueden reducir el peligro de coágulos sanguíneos y mejorar los resultados en pacientes con embolia pulmonar <sup>18</sup>.

## **Impacto de la Tecnología en el Diagnóstico y Tratamiento**

La tecnología ha desempeñado un papel crucial en los últimos avances del diagnóstico y manejo del tromboembolismo pulmonar. La integración de nuevas tecnologías en la práctica clínica está transformando la forma en que se aborda esta condición<sup>17</sup>.

## **Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático**

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático se utilizan para análisis de gran volumen de datos clínicos e imagenológicos para mejorar la precisión diagnóstica y prever los riesgos de complicaciones en pacientes con TEP. Algoritmos de ML pueden ayudar a identificar patrones sutiles en las imágenes de tomografía computarizada (TC) que podrían pasar desapercibidos para los radiólogos humanos, mejorando así la detección temprana y la evaluación de la gravedad del trastorno de estrés postraumático<sup>19</sup>.

Además, la IA puede ser utilizada para desarrollar modelos predictivos que ayuden a personalizar el tratamiento acorde a las características individuales del paciente, optimizando así los resultados clínicos.

## **Tecnologías de Imagenología Avanzada**

Las tecnologías de imagenología avanzada, como tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética funcional, proporcionan nuevos instrumentos para el diagnóstico y evaluación del TEP. Estas técnicas permiten una mejor caracterización del trombo, evaluación de la perfusión pulmonar y la función cardíaca y seguimiento de la respuesta al tratamiento. <sup>18</sup>.

La imagenología híbrida, que combina PET con TC o RM, está emergiendo como una herramienta poderosa para la evaluación integral del TEP, proporcionando información anatómica y funcional en una sola exploración.

### **Telemedicina y Monitoreo Remoto**

La telemedicina y la monitorización remota están revolucionando el seguimiento de los pacientes con embolia pulmonar. La telemedicina permite a todos los médicos monitorear a los pacientes a distancia, realizar consultas virtuales y ajustar el tratamiento en tiempo real, mejorando así el acceso a la atención y la adherencia al tratamiento<sup>17</sup>.

Dispositivos portátiles de monitoreo, como los medidores de INR en el hogar y los sensores de actividad física, permiten un seguimiento continuo de los parámetros de salud relevantes, facilitando la detección temprana de complicaciones y la intervención oportuna<sup>15</sup>.

### **Diagnóstico Avanzado del Tromboembolismo Pulmonar (TEP)**

#### **Ecocardiografía**

La ecocardiografía transesofágica y ecocardiografía transtorácica son herramientas fundamentales en el diagnóstico del TEP, especialmente en pacientes hemodinámicamente inestables. La ecocardiografía puede revelar signos indirectos de TEP, como dilatación del ventrículo derecho, desplazamiento septal interventricular y la hipertensión pulmonar<sup>14</sup>.

#### **Valores clave en la ecocardiografía:**

- **Dilatación del ventrículo derecho:** Relación entre el diámetro del ventrículo derecho y del ventrículo izquierdo > 1:1.
- **Hipertensión pulmonar:** La presión sistólica en la arteria pulmonar > 30 mmHg.
- **Desplazamiento septal interventricular:** movimiento del tabique hacia el ventrículo izquierdo durante la sístole.

### **Diagnóstico por Imagen: Angiotomografía Pulmonar**

La angiotomografía computarizada pulmonar (CTPA) es el procedimiento de referencia para el diagnóstico de TEP, permite distinguir a los trombos en las arterias pulmonares. El reactivo utilizado comúnmente en la CTPA es el contraste yodado, pero es crucial considerar las alergias al yodo en los pacientes<sup>15</sup>.

### Reactivos utilizados:

- **Contraste yodado:** Omnipaque (Iohexol) 300-350 mgI/mL.
- **Precauciones:** Realizar pruebas de alergia previas y considerar el uso de premedicación con antihistamínicos y corticosteroides en pacientes con antecedentes de alérgicos al yodo.

## Biomarcadores y Pruebas de Laboratorio

### Dímero D

Es un fragmento de proteína que se forma durante la descomposición de los coágulos de fibrina y se utiliza como marcador de la activación del sistema fibrinolítico. Valores elevados de dímero D indican la presencia de EP, especialmente en pacientes con baja probabilidad clínica<sup>15</sup>.

#### Valores de referencia de dímero D:

- **Negativo:** < 500 ng/mL.
- **Positivo:** > 500 ng/mL, indicando la necesidad de pruebas adicionales de imagenología.

## Manejo Terapéutico del TEP

### Anticoagulantes Orales Directos (ACODs)

Los ACODs, como el rivaroxabán y el apixabán, han simplificado el manejo del TEP al eliminar la necesidad de monitoreo regular del INR.

#### Rivaroxabán:

- **Dosis inicial:** 15 mg - 2 veces al día por 21 días.
- **Dosis de mantenimiento:** 20 mg por día.

#### Apixabán:

- **Dosis inicial:** 10 mg - 2 veces por día durante 7 días.
- **Dosis de mantenimiento:** 5 mg dos veces al día.

## Anticoagulantes Tradicionales

### Warfarina:

- **Dosis inicial:** 5-10 mg una vez al día, ajustada según el INR.
- **Objetivo de INR:** 2.0-3.0 para TEP.

### Heparina no fraccionada:

- **Bolus inicial:** 80 U/kg.
- **Infusión continua:** 18 U/kg/h, Ajustado por el tiempo de tromboplastina parcial activada (aPTT).

#### **Heparina de bajo peso molecular (HBPM):**

- **Enoxaparina:** 1 mg/kg cada 12 horas ó 1.5 mg/kg por día.

### **Terapias Emergentes y Específicas**

#### **Inhibidores Directos del Factor Xa**

##### **Edoxabán:**

- **Dosis inicial:** 60 mg cada 24 horas (tras 5-10 días de tratamiento con anticoagulantes parenterales).

#### **Inmunomoduladores**

Investigaciones recientes han explorado el uso de inmunomoduladores para tratar TEP en contextos específicos.

##### **Eculizumab:**

- **Dosis:** 900 mg por vía intravenosa cada semana durante 4 semanas, seguido de 1200 mg cada 2 semanas.

#### **Trombólisis Dirigida por Catéter**

Esta técnica avanzada permite la administración localizada de agentes trombolíticos, reduciendo el riesgo de hemorragias sistémicas.

##### **Agentes trombolíticos:**

- **Alteplasa:** 10 mg en bolo, seguido de 90 mg en infusión continua por 2 horas.

### **Tablas de Resumen**

**Tabla 1: Medicamentos y Dosis en el Manejo del TEP**

Medicamento	Dosis Inicial	Dosis de Mantenimiento	Indicaciones
Rivaroxabán	15 mg dos veces al día	20 mg QD.	TEP agudo
Apixabán	10 mg dos veces por día	5 mg dos veces por día	TEP agudo
Warfarina	5-10 mg una vez al día	Ajustada según INR (2.0-3.0)	TEP crónico
Heparina fraccionada	no 80 U/kg en bolo	18 U/kg/h (ajustada según aPTT)	TEP agudo
Enoxaparina	1 mg/kg cada 12 horas	1.5 mg/kg QD.	TEP agudo
Alteplasa	10 mg en bolo	90 mg en infusión continua por 2 horas	TEP masivo

**Tabla 2: Reactivos Utilizados en Angiotomografía Pulmonar (CTPA)**

Reactivo	Descripción	Precauciones	Preparación y Administración	Consideraciones Adicionales
<b>Omnipaque (Iohexol)</b>	Contraste yodado, 300-350 mgI/mL	Prueba de alergia previa, premedicación con antihistamínicos y corticosteroides si es necesario	Administración intravenosa, dosis ajustada según peso y función renal del paciente	Considerar la hidratación adecuada para prevenir nefrotoxicidad
<b>Visipaque (Iodixanol)</b>	Contraste yodado, 270-320 mgI/mL	Similar a Omnipaque, menor riesgo de reacciones adversas debido a su baja osmolaridad	Administración intravenosa, con monitoreo de la función renal	Útil en pacientes con mayor riesgo de nefrotoxicidad
<b>Ultravist (Iopromida)</b>	Contraste yodado, 300-370 mgI/mL	Similar a otros contrastes yodados, premedicación si hay historial de reacciones alérgicas	Administración intravenosa, ajuste de dosis según parámetros clínicos	Hidratación adecuada para minimizar el riesgo renal
<b>Gadovist (Gadobutrol)</b>	Contraste basado en gadolinio, 1.0 mmol/mL	Evitar en los pacientes con insuficiencia renal severa, riesgo de fibrosis sistémica nefrogénica	Administración intravenosa, se usa como alternativa en pacientes con alergia al yodo	Monitoreo cercano sobre la función renal en pacientes de alto riesgo
<b>Dotarem (Gadoterato de meglumina)</b>	Contraste basado en gadolinio, 0.5 mmol/mL	Similar a Gadovist, contraindicado en los pacientes con	Administración intravenosa, alternativa para	Considerar su uso en pacientes pediátricos o geriátricos

insuficiencia renal pacientes alérgicos al  
severa. yodo

## **Consideraciones Psicosociales y Calidad de Vida**

El impacto del tromboembolismo pulmonar en las condiciones de vida de los pacientes es significativo y va más allá de las complicaciones físicas. Las consideraciones psicosociales son fundamentales para el manejo integral del TEP.

### **Impacto Psicológico**

Un diagnóstico de TEP puede ser traumático para los pacientes, asociado con ansiedad, depresión y miedo a las recurrencias. Es esencial proporcionar apoyo psicológico y recursos de salud mental a pacientes y sus familiares. Las programaciones de apoyo y las intervenciones psicosociales pueden ayudar a los pacientes a enfrentar el estrés asociado con la enfermedad y mejorar su calidad de vida<sup>19</sup>.

### **Calidad de Vida**

Las condiciones de vida de los pacientes con TEP pueden verse afectada por síntomas persistentes como disnea, fatiga y dolor torácico. La recuperación pulmonar y los programas de entrenamiento supervisado son componentes importantes del manejo a largo plazo, ayudando a los pacientes a recuperar su capacidad funcional y mejorar su bienestar general<sup>17</sup>.

## **Análisis y Discusión**

### **Análisis de los Avances Diagnósticos**

El diagnóstico del tromboembolismo pulmonar (TEP) ha experimentado mejoras significativas gracias a Integración de nuevas tecnologías y estrategias de evaluación. Angiografía pulmonar por tomografía computarizada (CTPA) sigue siendo el estándar de oro, con alta sensibilidad y especificidad, permitiendo una Visualización directa de coágulos de sangre en las arterias pulmonares Esta tecnología mejora la precisión diagnóstica y facilita una toma de decisiones clínicas rápida y eficiente<sup>15</sup>.

Sin embargo, es importante considerar las limitaciones y los riesgos asociados en algunos pacientes, como aquellos con insuficiencia renal, se utiliza un medio de contraste. Exploración de

ventilación/perfusión (V/Q). sigue siendo la alternativa valiosa en estos casos, aunque con limitaciones en la resolución y la especificidad comparadas con la CTPA.

El uso de biomarcadores, como el dímero D, ha complementado las técnicas de imagenología al proporcionar una herramienta de cribado inicial. La negatividad del dímero D es altamente predictiva de exclusión de pacientes con TEP clínicamente menos probable, lo que ayuda a reducir el número de estudios de imagen innecesarios. La investigación en biomarcadores más específicos y sensibles está en curso y promete mejorar aún más la precisión diagnóstica y la estratificación del riesgo<sup>15</sup>.

### **Discusión sobre los Avances Terapéuticos**

El manejo del TEP ha sido revolucionado por la introducción de los anticoagulantes orales directos (ACODs), que ofrecen una alternativa más segura y conveniente a la warfarina y la heparina. Los ACODs no requieren monitoreo constante del INR y tienen menos interacciones alimentarias y farmacológicas, mejorando la adherencia al tratamiento y reduciendo las complicaciones hemorrágicas<sup>13</sup>.

La trombólisis dirigida por catéter representa un avance significativo en el tratamiento de TEP masivo y submasivo. Esta técnica permite la administración localizada de agentes trombolíticos, reduciendo el riesgo de hemorragias sistémicas y mejorando los resultados hemodinámicos. Sin embargo, la selección adecuada de pacientes y experiencia del equipo de salud son cruciales para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos<sup>11</sup>.

Las terapias emergentes, como los inhibidores específicos de los factores XI y XII, y la terapia génica para corregir mutaciones hereditarias predisponentes al TEP, están en fases de investigación y muestran resultados prometedores. Estas nuevas terapias tienen el potencial de ofrecer tratamientos más personalizados y efectivos, especialmente para pacientes con condiciones genéticas subyacentes<sup>14</sup>.

### **Impacto de la Tecnología en el Manejo del TEP**

Integración de la inteligencia artificial y aprendizaje automático en el diagnóstico y tratamiento del TEP ha abierto nuevas oportunidades para mejorar los resultados clínicos. Los algoritmos de ML

pueden analizar grandes volúmenes de datos clínicos e imagenológicos para identificar patrones y prever complicaciones, permitiendo una atención más proactiva y personalizada<sup>13</sup>.

Las tecnologías de imagenología avanzada, como la PET-CT y la RM funcional, han proporcionado nuevas herramientas para la evaluación integral del TEP, combinando información anatómica y funcional. Estas técnicas permiten una mejor caracterización de los trombos y valoración de la perfusión pulmonar y la función cardíaca para facilitar el seguimiento de la respuesta al tratamiento y la planificación de intervenciones terapéuticas<sup>14</sup>.

La telemedicina y el monitoreo remoto han revolucionado el seguimiento de los pacientes con TEP, permitiendo una atención continua y personalizada. Los dispositivos portátiles de monitoreo, como los medidores de INR en el hogar y los sensores de actividad física, han facilitado la detección temprana de complicaciones y la intervención oportuna, mejorando los niveles de vida y disminuir la morbilidad y mortalidad asociadas con el TEP<sup>15</sup>.

### **Consideraciones Psicosociales y Calidad de Vida**

El impacto psicosocial del TEP en los pacientes es significativo y debe ser abordado como parte integral del manejo de la condición. La ansiedad, la depresión y el miedo a las recurrencias son comunes entre los pacientes con TEP, lo que subraya la necesidad de proporcionar apoyo psicológico y recursos de salud mental. Los programas de apoyo y las intervenciones psicosociales pueden ayudar a los pacientes a manejar el estrés asociado con la enfermedad y mejorar su calidad de vida<sup>18</sup>.

La rehabilitación pulmonar y un programa de ejercicio supervisado es esencial para la recuperación funcional de los pacientes con TEP. Estos programas ayudan a mejorar la capacidad física, reducir los síntomas persistentes como la disnea y la fatiga, y mejorar el bienestar general de los pacientes. La educación del paciente sobre lo importante que es la adherencia al tratamiento y el reconocimiento temprano a los síntomas de recurrencia también es fundamental para prevenir complicaciones a largo plazo<sup>19</sup>.

### **Conclusión**

Los avances recientes en la comprensión y manejo del tromboembolismo pulmonar han transformado significativamente el panorama de esta condición. La integración de nuevas

tecnologías, la introducción de terapias emergentes y la adopción de un enfoque multidisciplinario han dado buenos resultados clínicos y condiciones de vida de los pacientes con TEP.

La continua investigación en el campo del TEP es esencial para seguir avanzando en diagnósticos y tratamiento sobre esta condición. Las futuras investigaciones deben centrarse en el desarrollo de nuevas terapias personalizadas, la optimización de las estrategias de prevención y progreso de las herramientas de diagnóstico. Además, es fundamental abordar las consideraciones psicosociales y proporcionar un apoyo integral a los pacientes para mejorar sus condiciones de vida y disminuir la carga a esta enfermedad.

En resumen, el manejo del tromboembolismo pulmonar ha evolucionado considerablemente, y la colaboración continua entre investigadores, clínicos y pacientes es crucial para seguir mejorando los resultados y proporcionar una atención de alta calidad a quienes padecen esta condición.

## Referencias

1. Barnett B, Frank C, Ratchford E V., Moll S. Información para Pacientes con Enfermedades Vasculares: Una guía para pacientes recién diagnosticados con trombosis venosa profunda y/o tromboembolismo pulmonar. *Vascular Medicine*. 2023 Oct 4;28(5):487–92.
2. Jiménez ZG, Feito ID, Blanco SA. Tromboembolismo pulmonar durante la pandemia de la COVID-19 con sospecha diagnóstica desde atención primaria. *FMC*. 2020 Aug;27(7):371–2.
3. Ribas Sola J, Sánchez-Corral Mena MÁ, Riera-Mestre A. Actualización del abordaje de la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica. *Med Clin (Barc)*. 2024 Feb;162(3):126–33.
4. Núñez JH, Moreira F, Escudero-Cisneros B, Martínez-Peña J, Bosch-García D, Anglès F, et al. Riesgo de tromboembolismo venoso en la tromboprolifaxis entre aspirina y heparinas de bajo peso molecular tras una artroplastia total de cadera o artroplastia total de rodilla. Revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2023 Aug;
5. Marín-Peña O, Parvizi J, Restrepo C, Castel-Oñate A. Consenso Internacional sobre Tromboembolismo Venoso (ICM-VTE) en COT, ¿cambiará en algo nuestra práctica clínica? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2022 Sep;66(5):412–8.

6. Marín-Peña O, Parvizi J, Restrepo C, Castel-Oñate A. [Translated article] International Consensus Meeting on Venous Thromboembolism (ICM-VTE) after orthopedic procedures, any change in our clinical practice? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2022 Sep;66(5):T412–8.
7. Mónica RS, Maribel QF, Javier J, Isabel LM, Rocío T, Rocío A, et al. Cardiac complications in a geriatric population hospitalized with COVID-19: The OCTA-COVID cohort. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2022 Mar;57(2):63–70.
8. Franco-Moreno A, Muñoz-Rivas N, Mestre-Gómez B, Torres-Macho J. Tromboembolismo pulmonar y COVID-19: un cambio de paradigma. *Rev Clin Esp.* 2020 Oct;220(7):459–61.
9. Vela Colmenero RM, Ruíz García MI, Gordillo Resina M. Tromboembolismo pulmonar periférico en neumonía bilateral por COVID-19. *Med Intensiva.* 2023 Jan;47(1):58–9.
10. Ribeiro JD, Araujo MB de, Casa B de A, Correa JA. Oclusão arterial aguda consequente a embolia paradoxal – relato de caso e revisão de literatura. *J Vasc Bras.* 2021;20.
11. Raboso Moreno B, Aguilar-Rivilla E, Castillejos-Rodríguez L, Aramburu González JA, Matesanz López C. ¿Y si no fuese un tromboembolismo pulmonar? *Open Respiratory Archives.* 2021 Jul;3(3):100110.
12. Lorenzo N, Hernandez V, Montes A, Rivero F, Reyes\* G, Aguilar R. Trombose Ventricular Esquerda e Tromboembolismo Pulmonar em um Paciente de Covid-19 Assintomático. *Arq Bras Cardiol.* 2022 Nov 23;119(6):996–8.
13. Broccard SP, Edwards MA, Brennan ER, Spaulding AC, DeLeon MF, Mishra N, et al. Room for Improvement: The Impact of Guideline-Recommended Extended Thromboprophylaxis in Patients Undergoing Abdominal Surgery for Colorectal and Anal Cancer at a Tertiary Referral Center. *Dis Colon Rectum.* 2024 May 8;67(5):714–22.
14. Nuñez-Paucar H, De Coll-Vela LE, Peña-Coello C, Guillen-Buleje D, Atamari-Anahui N, Gomez-Martinez L, et al. Pulmonary embolism in an adolescent with COVID-19 pneumonia. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2023 Jul 17;80(91).
15. Martínez Chamorro E, Revilla Ostolaza TY, Pérez Núñez M, Borrueal Nacenta S, Cruz-Conde Rodríguez-Guerra C, Ibáñez Sanz L. Tromboembolismo pulmonar en pacientes con COVID-19: estudio de prevalencia en un hospital terciario. *Radiologia.* 2021 Jan;63(1):13–21.

16. Zamboni Carini Couto T, Arena Moreira Domingues T, Coelho Ramalho Vasconcelos Morais S, de Lima Lopes J, Takao Lopes C. Riesgo de tromboembolismo venoso e implementación de medidas preventivas. *Enferm Clin.* 2020 Sep;30(5):333–9.
17. Franco-Moreno A, Muñoz-Rivas N, Mestre-Gómez B, Torres-Macho J. Tromboembolismo pulmonar y COVID-19: un cambio de paradigma. *Rev Clin Esp.* 2020 Oct;220(7):459–61.
18. Wangüemert Pérez AL, González Delgado C, Fernández Ramos J. Síndrome de May-Thurner o compresión de la vena ílíaca: otra causa de tromboembolismo pulmonar. *Rev Clin Esp.* 2021 Jan;221(1):64–5.
19. Moreno-Ballesteros A, Rebollo-Aguirre AC, Bolívar-Roldán I, Busquier T, Sanchez-de Mora E, Jimenez-Heffernan A. Valoración del tromboembolismo pulmonar relacionado con infección SARS-CoV-2 activa en pacientes embarazadas. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2023 Jul;42(4):218–22.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).