

Wissenschaftliche Leitung

J. Breckwoldt, Zürich
M. Christ, Luzern
G. Matthes, Berlin
G. Rücker, Rostock
R. Somasundaram, Berlin
U. Zeymer, Ludwigshafen



CME

Zertifizierte Fortbildung

Diagnostik und Therapie der akuten Lungenembolie

Zusammenfassung der aktuellen Leitlinien 2019 der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie

K. Pilarczyk¹ · N. E. El Mokhtari² · T. Fleischmann³ · N. Haake¹ · S. V. Konstantinides⁴

¹ Klinik für Intensivmedizin, imland Klinik, Rendsburg, Deutschland

² Klinik für Kardiologie, Pneumologie und Innere Medizin, imland Klinik, Rendsburg, Deutschland

³ Zentrale Notaufnahme, imland Klinik, Rendsburg, Deutschland

⁴ Centrum für Thrombose und Hämostase (CTH), Universitätsmedizin, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Deutschland

Zusammenfassung

Der risikoadjustierte Algorithmus zum Management der akuten Lungenembolie (LE) bezieht klinischen Schweregrad, Begleiterkrankungen und rechtsventrikuläre Dysfunktion ein. Die Wertigkeit des D-Dimer-Tests scheint sich durch Altersadjustierung und an die klinische Wahrscheinlichkeit adaptierte „Cut-off“-Werte beim Ausschluss einer LE zu verbessern. Direkte orale Antikoagulanzen sind vor den Vitamin-K-Antagonisten die Therapie der 1. Wahl. Während bei Niedrigrisikopatienten eine frühe Entlassung und ambulante Therapie möglich sind, soll bei Hochrisikopatienten die Lungenstrombahn wiedereröffnet werden: Aufgewertet wurden die i.v.-Thrombolyse (Klasse-I-Empfehlung, zuvor IIa) und die interventionelle oder chirurgische Thrombektomie (Klasse-IIa-Empfehlungen, zuvor IIb). Interdisziplinäre „pulmonary embolism response teams“ (PERT) sollen eine verbesserte Versorgung von LE-Patienten mit hohem Risiko erreichen. Ein spezifischer Algorithmus für das Vorgehen bei Schwangeren mit LE wird vorgeschlagen.

Schlüsselwörter

Risikostratifizierung · Antikoagulanzen · Thrombolyse · Krebs · Schwangerschaft

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit
werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden
Sie im CME-Fragebogen am Ende des
Beitrags.

Lernziele

Nach Lektüre dieses Beitrags ...

- kennen Sie die neuen Empfehlungen zur Risikostratifizierung und dem risikoadaptierten diagnostischen und therapeutischen Vorgehen bei Lungenembolie (LE).
- können Sie einen normotensiven Patienten mit akuter LE erkennen, der möglicherweise eine Thrombolyse benötigt.
- können Sie einen Patienten mit akuter LE identifizieren, der ggf. für eine ambulante Behandlung infrage kommt.
- kennen Sie das spezifische Vorgehen bei speziellen Patientengruppen, z. B. bei Krebserkrankungen oder in der Schwangerschaft.

Sie werden als Notfallteam zu einer 78-jährigen Patienten gerufen, die im häuslichen Umfeld nach dem Toilettengang über plötzlich einsetzende Dyspnoe sowie über Thoraxschmerzen klagt. In der Anamnese gibt die Patientin an, nach einem „grippalen Infekt“ vor 3 Wochen noch nicht wieder richtig „auf die Beine gekommen“ zu sein. Als weitere Vorerkrankungen bestehen eine koronare Herzerkrankung, eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), ein Diabetes mellitus sowie eine Adipositas. Bei Ankunft ist die Patientin tachykard mit leichter Hypoxie. Die körperliche Untersuchung verläuft ansonsten unauffällig.

Einleitung

Die LE ist die dritthäufigste **kardiovaskuläre Todesursache** und wahrscheinlich die häufigste klinisch nicht erkannte Todesursache im Krankenhaus. Die European Society of Cardiology (ESC) hat in Kooperation mit der European Respiratory Society (ERS) ihre Leitlinie zum Management bei akuter LE von der initialen Diagnostik bis zur Langzeitnachsorge auf der Grundlage aktueller Studien überarbeitet [1, 2]. Dieser Beitrag soll einen Überblick über die aktuellen Empfehlungen und insbesondere relevante Änderungen und Neuerungen aus dem Jahr 2019 im Vergleich zur Leitlinie aus dem Jahr 2014 geben (Tab. 1).

Definition und Epidemiologie

Unter einer LE wird ein partieller oder vollständiger Verschluss der **arteriellen Lungenstrombahn** verstanden. Dieser kann sich auf kleine Segmente oder Subsegmente beschränken, mehrere Lungenarterienäste oder auch den Pulmonalarterienstamm betreffen. Je nach Ausmaß der Verlegung wird dieses Geschehen von z. T. erheblicher Kreislaufinstabilität begleitet. In ca. 70 % der Fälle sind **Becken-Bein-Thrombosen** die Ursache.

Diagnostics and treatment of acute pulmonary embolism. Summary of the current 2019 guidelines of the European Society of Cardiology

A revised risk-adjusted algorithm for management of pulmonary embolism (PE) is proposed, which includes clinical severity, comorbidities and right ventricular dysfunction. Cut-off levels for D-dimer tests should be adjusted for age and clinical probability rather than using fixed values. Direct oral anticoagulants (DOAC) are now recommended as first choice anticoagulants over vitamin K antagonists. Although early discharge and outpatient treatment are possible for low-risk patients, in high-risk patients the airway should be reopened. Rescue intravenous thrombolysis is now a class I recommendation (previously class IIa) and interventional or surgical thrombectomy is now a class IIa (previously class IIb) recommendation. Interdisciplinary pulmonary embolism response teams (PERT) should achieve an improved care of high-risk PE patients. A dedicated diagnostic algorithm is proposed for suspected PE in pregnancy.

Keywords

Risk-adjusted management · Anticoagulants · Thrombolysis · Cancer · Pregnancy

Insgesamt ist die LE die dritthäufigste kardiovaskuläre Todesursache mit einer hohen Dunkelziffer, sodass exakte Angaben zur LE-Inzidenz fehlen. Aktuelle Studien belegen eine deutliche Zunahme der Häufigkeit mit etwa 109 LE/100.000 Einwohner im Jahr 2015 im Vergleich zu 86 Erkrankungen/100.000 Einwohner im Jahr 2005 [3]. Allerdings sank die Krankenhaussterblichkeit im gleichen Zeitraum von 20,4 auf 13,9%.

► Wichtig

Die LE ist wahrscheinlich die häufigste klinisch nicht erkannte Todesursache im Krankenhaus.

Tab. 1 Wichtige Änderungen der Empfehlungen der Leitlinie 2019 bzw. neue Empfehlungen 2019 im Vergleich zur Version aus 2014

	2014 [1]	2019 [2]
Diagnostik/Risikostratifizierung		
D-Dimer-Test: Der Gebrauch von altersadjustierten oder an die klinische Wahrscheinlichkeit adaptierten „Cut-off“-Werten soll alternativ zum D-Dimer-Schwellenwert von 500 µg/l in Betracht gezogen werden	–	IIa
In der Gruppe der LE-Patienten ohne hämodynamische Instabilität sollte für eine weitergehende Risikostratifizierung die Bestimmung von klinischen oder per bildgebender Untersuchung bzw. Labormessung erfassten prognostischen Indikatoren in Betracht gezogen werden	–	IIa
Therapie		
Bei „sorgfältig ausgewählten“ Patienten mit niedrigem Risiko kann eine frühe Entlassung und ambulante Therapie in Betracht gezogen werden, wenn eine anschließende ambulante Antikoagulation gewährleistet ist (HoT-PE-Studie)	–	IIa
Im Fall einer oralen Antikoagulation sollten bei Patienten ohne Kontraindikationen DOAK eingesetzt werden	–	I
Eine thrombolytische Therapie wird empfohlen für Patienten mit hämodynamischer Instabilität	IIa	I
Eine chirurgische pulmonale Embolektomie bzw. eine perkutane kathetergeführte Behandlung wird empfohlen für Patienten mit Hochrisiko-LE, bei denen eine Thrombolyse kontraindiziert ist oder erfolglos war	IIb	IIa
In Abhängigkeit von den lokalen Möglichkeiten und Ressourcen kann die Einrichtung eines „multidisziplinären Teams“ für das Management von Patienten mit Hochrisiko-LE und von ausgewählten Patienten mit „intermediärem“ Risiko in der akuten Phase angeregt (PERT)	–	IIa
Die Implantation einer ECMO kann im Fall eines therapierefraktären Schocks oder eines Herz-Kreislauf-Stillstands in Kombination mit der chirurgischen Embolektomie oder einer Katheterintervention erwogen werden	–	IIb
DOAK direkte orale Antikoagulanzen, ECMO extrakorporale Membranoxygenierung, LE Lungenembolie, PERT Pulmonary Embolism Response Team, HoT-PE Home Treatment of Patients with Low-Risk Pulmonary Embolism With the Oral Factor Xa Inhibitor Rivaroxaban		

Pathophysiologie

Bei Verlegung der pulmonalarteriellen Strombahn durch einen Embolus kommt es zum akuten Anstieg des **pulmonalvaskulären Widerstands** mit konsekutiver Erhöhung der rechtsventrikulären Nachlast. Häodynamisch führt bereits eine 25- bis 30%ige Verlegung der pulmonalen Strombahn zu einer Steigerung der systolischen Wandspannung des rechten Ventrikels, einer verminderten rechtsventrikulären Auswurfraction und einem Anstieg des mittleren pulmonalarteriellen Drucks („mean pulmonary arterial pressure“, MPAP; [4]). Der Anstieg des pulmonalarteriellen Drucks hängt dabei auch von der Pumpleistung des rechten Ventrikels ab. Eine Verlegung von mehr als 75 % der pulmonalen Strombahn führt zur akuten **rechtsventrikulären Dekompensation**.

Da der Widerstand im Lungenkreislauf unter physiologischen Bedingungen sehr niedrig ist und im Gegensatz zum Systemkreislauf keinen wesentlichen Schwankungen unterliegt, kann der rechte Ventrikel im Gegensatz zum linken Ventrikel eine akute Steigerung der Nachlast wegen seiner dünnen Wand mit hoher Compliance und geringen kontraktiven Reserven nur sehr eingeschränkt tolerieren. Bei einer akuten **pulmonalen Hypertonie** kann daher der nichtadaptierte rechte Ventrikel nur maximale systolische Drücke von 45–50 mm Hg aufbringen. Ein weiterer Druckanstieg ist kaum möglich; es folgt ein progredientes Rechtsherzversagen.

► Wichtig

Der rechte Ventrikel kann eine akute Steigerung der Nachlast nur sehr eingeschränkt tolerieren.

Diagnostik und Risikostratifizierung

Allgemeines

Der Schweregrad einer LE und somit das Sterblichkeitsrisiko des Patienten hängen weniger von der Thrombuslast in der Computertomographie (CT) als vom Ausmaß der Rechtsherzbelastung, der daraus resultierenden Kreislaufsituation sowie der **individuellen Kompensationsfähigkeit** des Patienten (z. B. durch Begleiterkrankungen) ab, sodass eine weiterführende Risikostratifizierung notwendig ist, um eine individuelle risikoadaptierte Diagnostik und Therapie einleiten zu können. Die Einteilung erfolgt in 4 Risikogruppen (hohes, intermediär-hohes, intermediär-niedriges und niedriges Risiko) mit konkreten therapeutischen Konsequenzen ([2]; Tab. 2). Dabei spielen die häodynamische Stabilität, die Rechtsherzfunktion in der Echokardiographie oder in der CT so-

Tab. 2 Risikostratifizierung von Patienten mit Lungenembolie

Frühes Mortalitätsrisiko	Schock/ Hypotension	sPESI ≥1	RV-Belastung (Echo/CT)	Troponin
Hoch	+	(+)	+	(+)
Intermediär	Hoch	–	+	Beide
	Niedrig	–	+	Eines/keine
Niedrig	–	–	Keine	

CT Computertomographie, Echo Echokardiographie, LE Lungenembolie, RV rechter Ventrikel, sPESI simplified Pulmonary Embolism Severity Index

wie die Bestimmung des Troponins und des simplified Pulmonary Embolism Severity Index ([s]PESI) eine Rolle.

► Wichtig

Patienten mit LE werden anhand der häodynamischen Situation, der Rechtsherzbelastung in Echokardiographie oder CT, biochemischer Marker (Troponin) sowie des (s)PESI in 4 Risikogruppen eingeteilt.

Diagnostik

Symptome

Die Symptome einer Lungenembolie sind heterogen und daher unspezifisch. Neben Dyspnoe (etwa 50 % der Patienten) und pleuritischen, thorakalen Schmerzen (ca. 40 %) beschreiben die Patienten u. a. auch Husten, Hämoptysen oder Synkopen. Lediglich jeder 4. Patient mit einer LE weist klinische Zeichen einer tiefen Beinvenenthrombose auf [5].

Die niedrige Sensitivität und Spezifität der klinischen Präsentation erfordern eine frühzeitige Evaluation der Vortestwahrscheinlichkeit, um zielgerichtet zu einer Diagnose zu kommen.

Elektrokardiographie

Mithilfe des EKG kann eine LE weder gesichert noch ausgeschlossen werden. Jedoch können sich im EKG Zeichen der **Rechtsherzbelastung** zeigen. Darüber hinaus dient das EKG differenzialdiagnostisch dem Ausschluss eines akuten Myokardinfarkts. Zu den typischen EKG-Befunden im Rahmen einer LE zählen eine Sinustachykardie, Herzrhythmusstörungen (v. a. supraventrikuläre Arrhythmien, Extrasystolen), typische Rechtsherzbelastungszeichen (im Vergleich zum Vor-EKG), z. B. sagittale Herzachse (SIQIII-Typ oder SISIISIII-Typ), Rechtstyp oder überdrehter Rechtstyp, P-pulmonale bzw. P-dextroatriale, (in)kompletter Rechtsschenkelblock, T-Negativierungen in III und rechts präkordial (V_{1-4}), Veränderungen der ST-Strecke (auch ST-Strecken-Hebungen möglich, v. a. in den Ableitungen III, V_1 und V_2). Auch wenn die EKG-Veränderungen in der Regel nicht spezifisch sind, weisen lediglich 30 % aller Patienten mit gesicherter LE ein völlig unauffälliges EKG auf.

Klinische Wahrscheinlichkeit und D-Dimer-Test

Bei häodynamisch stabilen Patienten (Nichthochrisikopatienten) beträgt das Risiko für LE-bedingte Komplikationen oder Tod <1 % bis zu 20 % in der Akutphase. Daher soll eine vermutete LE zunächst bestätigt oder ausgeschlossen werden, möglichst unter Vermeidung einer unnötigen Computertomographie-Pulmonalsangiographie (CTPA) mithilfe des D-Dimer-Tests und **klinischer Scores** (Wells-Score [Tab. 3] und Genf-Score [Tab. 4]) oder alternativ nach den YEARS-Kriterien.

► Wichtig

Bei häodynamisch stabilen Patienten sollte der diagnostische Prozess mit einer Einschätzung der klinischen Wahrscheinlichkeit mithilfe validierter Scores beginnen.

Bei häodynamisch stabilen Patienten soll ein D-Dimer-Test nur nach vorheriger Einschätzung der klinischen Wahrscheinlichkeit für eine LE durchgeführt werden. So soll bei hoher klinischer Wahr-

Tab. 3 Bestimmung der klinischen Wahrscheinlichkeit einer Lungenembolie (LE) mithilfe des Wells-Score

Kriterium	Punkte
Klinisch tiefe Venenthrombose	+3
Klinisch vermutlich LE	+3
Tachykardie >100/min	+1,5
Immobilisierung in den letzten 3 Tagen/Operation innerhalb der letzten 4 Wochen	+1,5
Anamnestisch TVT oder LAE	+1,5
Hämoptyse	+1
Aktives Malignom (letzte 6 Monate)	+1
<i>Zwei-Stufen-Score</i>	
0–4 Punkte: geringe Wahrscheinlichkeit einer LE	
≥5 Punkte: hohe Wahrscheinlichkeit einer LE	
<i>Drei-Stufen-Score</i>	
0–2 Punkte: geringe Wahrscheinlichkeit einer LE	
3–6 Punkte: mittlere Wahrscheinlichkeit einer LE	
≥7 Punkte: hohe Wahrscheinlichkeit einer LE	
LAE Lungenarterienembolie, TVT tiefe Venenthrombose	

Tab. 4 Bestimmung der klinischen Wahrscheinlichkeit einer Lungenembolie (LE) mithilfe des revidierten Genf-Scores

Kriterium	Punkte
Alter >65 Jahre	1
Frühere tiefe Venenthrombose oder LE	1
Operation oder Knochenbruch innerhalb des letzten Monats	1
Aktive Neoplasie	1
Einseitiger Beinschmerz	1
Schmerzhafte Palpation der tiefen Beinvenen und einseitiges Beinödem	1
Blutiger Auswurf	1
<i>Herzfrequenz</i>	
75–94/min	1
≥95/min	2
0–1 Punkt: geringe Wahrscheinlichkeit einer LE	
2–6 Punkte: mittlere Wahrscheinlichkeit einer LE	
≥7 Punkte: Hohe Wahrscheinlichkeit einer LE	

scheinlichkeit ohne vorherige D-Dimer-Bestimmung eine CTPA erfolgen. Bei niedriger oder mittlerer klinischer Wahrscheinlichkeit und normalen D-Dimer-Werten ist keine weitere LE-Diagnostik erforderlich. Da die **Spezifität** des D-Dimer-Tests bei Verdacht auf LE mit zunehmendem Alter abnimmt, sollten primär altersadjustierte Grenzwerte (Alter • 10 µg/l; z. B. Grenzwerte 50 Jahre: 500 µg/l, 60 Jahre: 600 µg/l, 70 Jahre: 700 µg/l) oder an die klinische Wahrscheinlichkeit adaptierte „Cut-off“-Werte verwendet werden

(Klasse-IIa-Empfehlung; [6]). Bei hoher klinischer Wahrscheinlichkeit für eine LE soll kein D-Dimer-Test durchgeführt werden.

Alternativ kann der **YEARS-Algorithmus** zur Anwendung kommen [7]: Liegen Anzeichen einer tiefen Venenthrombose (TVT), Hämoptyse oder der klinische Verdacht auf eine LE als wahrscheinlichste Erklärung für die Symptome vor, wird ab einer D-Dimer-Konzentration von 500 µg/l eine CT-Diagnostik empfohlen. Ist keines der Kriterien vorhanden, sollte erst ab einer D-Dimer-Konzentration von 1000 µg/l eine CT erfolgen.

► **Wichtig**

Beim D-Dimer-Test sollten primär altersadjustierte oder an die klinische Wahrscheinlichkeit adaptierte Cut-off-Werte verwendet werden.

Bei Patienten mit niedriger klinischer Wahrscheinlichkeit für eine LE kann durch die Anwendung der Pulmonary Embolism Rule-out Criteria (PERC) eine unnötige weitere Diagnostik, einschließlich D-Dimer-Bestimmung und CTPA, vermieden werden. Ein negativer PERC-Befund (alle der folgenden Kriterien negativ: Alter <50 Jahre, Herzfrequenz <100/min, arterielle Sauerstoffsättigung [S_aO₂] > 94 %, keine einseitige Beinschwellung, keine Hämoptysen, kein kürzliches Trauma oder keine kürzliche Operation, keine TVT in der Vorgeschichte, keine Anwendung oraler Hormonpräparate) kann mit einer Sensitivität von 97 % und Spezifität von 22 % eine LE ausschließen [8].

Hämodynamisch instabile Patienten (Hochrisikopatienten), erstmalig in der Leitlinie klar definiert (Tab. 5), sind durch eine **hohe Letalität** gekennzeichnet (Dreißigtageletalität bei 15 % bis zu 65 %) und benötigen daher eine sofortige Diagnosestellung ohne Bestimmung der Vortestwahrscheinlichkeit oder der D-Dimere mithilfe einer CTPA und eine Therapieeinleitung einschließlich Wiedereröffnung der pulmonalen Gefäßstrombahn (Abb. 1 und 2). Ist der Patient zu instabil für eine Diagnostik mithilfe einer CTPA, reicht auch der Nachweis einer akuten Rechtsherzbelastung in der Echokardiographie oder zumindest der hochgradige Verdacht auf eine LE bei **erheblicher Kreislaufinstabilität** aus, um eine akute Rekanalisierungstherapie zu rechtfertigen (Abb. 1 und 2).

Bildgebende Verfahren

Diagnostisches Mittel der Wahl zum Nachweis oder zum Ausschluss einer LE mit hohem Risiko und bei Patienten mit nichthohem Risiko, aber hoher klinischer Wahrscheinlichkeit oder positiven D-Dimere ist die CT-PA. Im Fall isolierter subsegmentaler Füllungsdefekte in der CTPA kann der ergänzende Einsatz alternativer bildgebender Verfahren erwogen werden (Empfehlungsgrad IIb). Auch die **Ventilation-Perfusion-Lungenszintigraphie** ist geeignet, eine LE zuverlässig auszuschließen (Vorteile: geringere Strahlenbelas-

Tab. 5 Definition der hämodynamischen Instabilität bei Lungenembolie

Herzstillstand	Obstruktiver Schock	Persistierende Hypotension
Notwendigkeit der kardiopulmonalen Wiederbelebung	Systolischer Blutdruck <90 mm Hg oder Notwendigkeit der Vasopressorgabe zur Erreichung eines systolischen Blutdrucks ≥90 mm Hg trotz adäquater Vorlast und Hypoperfusion von Endorganen (Vigilanzminderung, Oligurie/Anurie, Laktatämie, kalte Extremitäten)	Systolischer Blutdruck <90 mm Hg oder Abfall des systolischen Blutdrucks ≥40 mm Hg länger als 15 min, nicht erklärbar durch Sepsis, Hypovolämie, neu aufgetretene Herzrhythmusstörungen

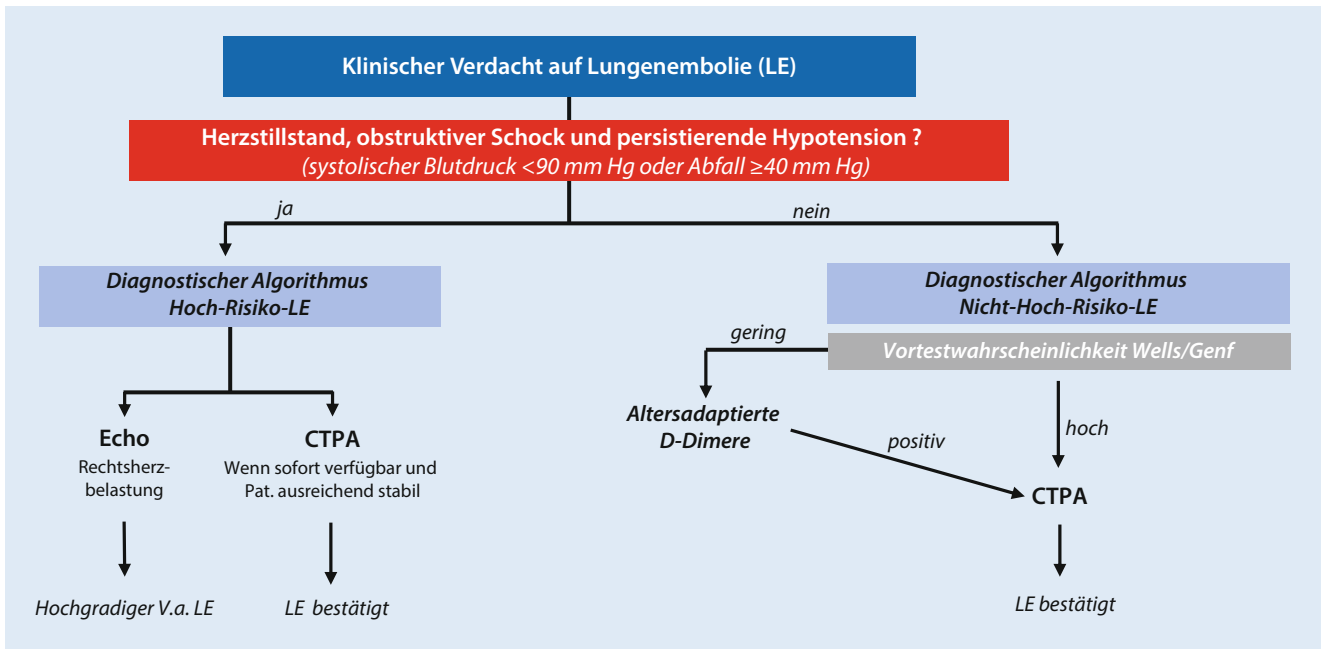


Abb. 1 ▲ Diagnostisches Vorgehen bei V. a. Lungenembolie (LE). CTPA Computertomographie-Pulmonalisangiographie, Echo Echokardiographie

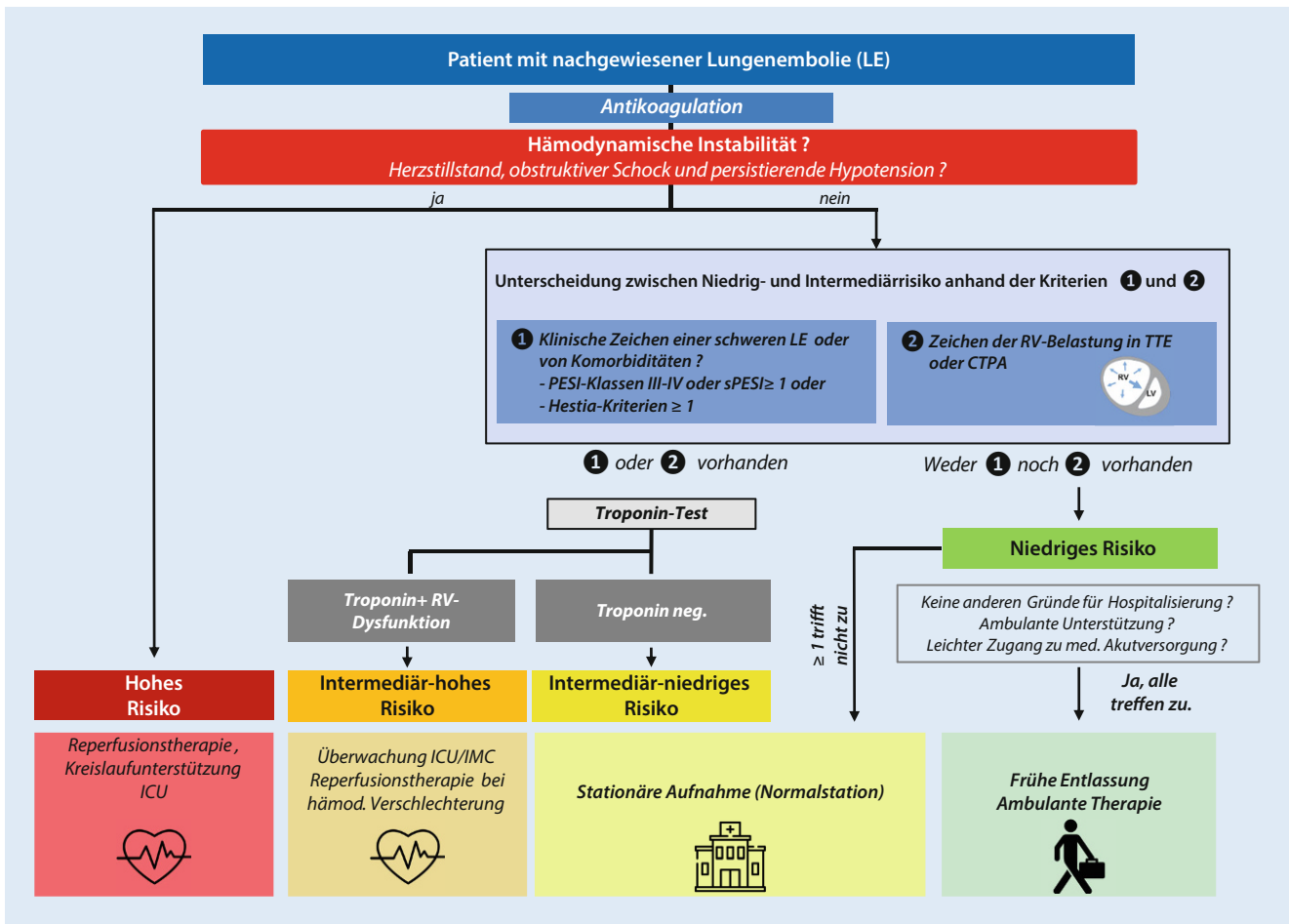


Abb. 2 ▲ Risikostratifizierung und Therapie bei Patienten mit Lungenembolie (LE). CT Computertomographie, CTPA Computertomographie-Pulmonalisangiographie, ICU Intensive Care Unit, IMC Intermediate Care Unit, (s)PESI (simplified) Pulmonary Embolism Severity Index, RV rechter Ventrikel, TTE transthorakale Echokardiographie. (Icons made by Freepik from www.flaticon.com)

Tab. 6 Originaler und vereinfachter Pulmonary Embolism Severity Index (PESI) zur klinischen Prognoseabschätzung bei Patienten mit Lungenembolie [9]		
Parameter	Originalversion	Vereinfachte Version (sPESI)
Alter	Alter in Jahren	1 Punkt (wenn Alter >80 Jahre)
Männliches Geschlecht	+10 Punkte	–
Krebserkrankung	+30 Punkte	1 Punkt
Chronische Herzinsuffizienz	+10 Punkte	1 Punkt
Chronische Lungenerkrankung	+10 Punkte	
Puls ≥ 110 Schläge/min	+20 Punkte	1 Punkt
Systolischer Blutdruck <100 mm Hg	+30 Punkte	1 Punkt
Atemfrequenz >30/min	Atemzüge/min +20 Punkte	–
Temperatur <36 °C	+20 Punkte	–
Veränderter Mentalstatus	+60 Punkte	–
S _a O ₂ <90 %	+20 Punkte	1 Punkt
	<i>Klasse I: ≤ 65 Punkte</i> Sehr geringes Risiko für Dreißigtagemortalität (0–1,6 %)	<i>0 Punkte</i> Dreißigtagemortalitätsrisiko 1,0 % (95 %-KI 0,0–2,1 %)
	<i>Klasse II: 66–85 Punkte</i> Geringes Mortalitätsrisiko (1,7–3,5 %)	<i>≥ 1 Punkt(e)</i> Dreißigtagemortalitätsrisiko 10,9 % (95 %-KI 8,5–13,2 %)
	<i>Klasse III: 86–105 Punkte</i> Moderates Mortalitätsrisiko (3,2–7,1 %)	
	<i>Klasse IV: 106–125 Punkte</i> Hohes Mortalitätsrisiko (4,0–11,4 %)	
	<i>Klasse V: >125 Punkte</i> Sehr hohes Mortalitätsrisiko (10,0–24,5 %)	

S_aO₂ arterielle Sauerstoffsättigung, 95 %-KI 95 %-Konfidenzintervall

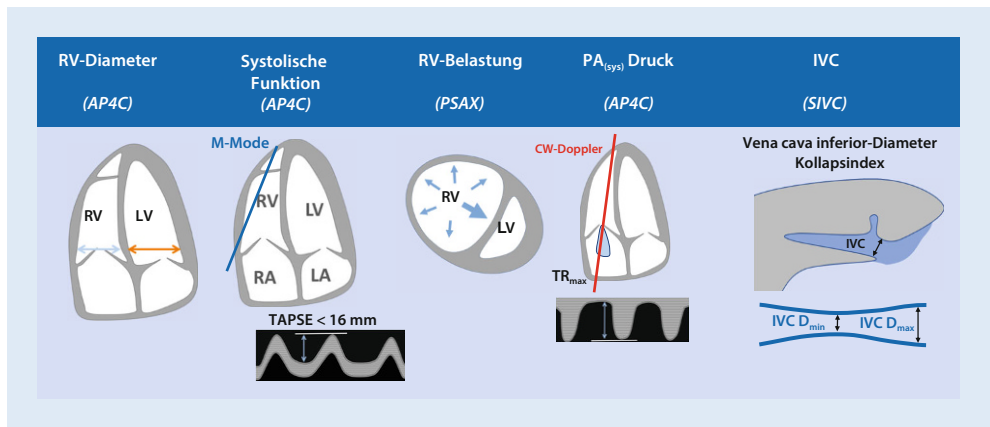


Abb. 3 ◀ Echokardiographische Beurteilung des rechten Ventrikels. AP4C apikaler Vierkammerblick, D Diameter, IVC V. cava inferior, LA linkes Atrium, LV linker Ventrikel, PA pulmonalarteriell, PSAX parasternale kurze Achse, RA rechtes Atrium, RV rechter Ventrikel, SIVC subxiphoidale V. cava inferior, TAPSE „tricuspid anular plane systolic excursion“, TR Trikuspidalregurgitation

nung, hohe Sensitivität sowie fast fehlende Nephrotoxizität und Allergenität; Empfehlungsgrad IA). Eine Magnetresonanztomographie (MRA) wird hingegen aufgrund der niedrigen Sensitivität nicht empfohlen (Empfehlungsgrad III).

► **Wichtig**

Wenn eine radiologische Bildgebung erforderlich ist, soll eine CT-PA durchgeführt werden.

Risikostratifizierung

Klinische Zeichen

Um das Risiko hämodynamisch stabiler Patienten mit nachgewiesener LE abzuschätzen, sollte ein validierter klinischer Score Anwendung finden. Zur Risikostratifizierung eignet sich beispielsweise der Simplified Pulmonary Embolism Severity Index (sPESI, [9]). Im sPESI

werden die Risikofaktoren Lebensalter >80 Jahre, Tumorerkrankung, chronische Herzinsuffizienz, chronische Lungeninsuffizienz, Pulsfrequenz ≥ 110 /min, systolischer Blutdruck <100 mm Hg und arterielle Hämoglobinsättigung <90 % mit je einem Punkt bewertet (Tab. 6). Die Punkte werden zu einer Gesamtpunktzahl aufaddiert. Ist die Gesamtpunktzahl 0, beträgt das Dreißigtagetodesrisiko 1 %. Ab einer Gesamtpunktzahl ≥ 1 Punkt beträgt das Dreißigtagetodesrisiko 10,9 %. Es ist besonders zu betonen, dass Patienten mit einem niedrigen PESI, aber echokardiographischen Zeichen einer **rechtsventrikulären Dysfunktion** ein deutliches erhöhtes Risiko aufweisen, sodass auch bei diesen Patienten eine Einschätzung der RV-Funktion erforderlich ist.

Bildgebung des rechten Ventrikels

Echokardiographische Kriterien zur Risikoeinschätzung von Patienten mit LE beinhalten eine RV-Dilatation (RV-/LV-Ratio >1),

Die Patientin wird notarztbegleitet in die zentrale Notaufnahme des nächstgelegenen Krankenhauses gebracht. Bei Aufnahme ist sie hämodynamisch stabil (Blutdruckwerte 110/60 mm Hg, Herzfrequenz [HF] 110/min). Im EKG zeigen sich neben der Tachykardie Zeichen einer Rechtsherzbelastung. In der fokussierten Echokardiographie stellt sich ein dilatierter rechter Ventrikel dar. Laborbefunde: D-Dimere 3960 µg/l, Troponin-T hochsensitiv 934 pg/ml. Der (s)PESI beträgt 1. Die stabilen Kreislaufverhältnisse erlauben eine Untersuchung mithilfe der Computertomographie, in der der hochgradige Verdacht auf eine akute LE mit Rechtsherzbelastung bestätigt wird. Die Kompressionssonographie zeigt eine Thrombose der rechten proximalen V. femoralis. Die Patientin wird bei positivem Troponinbefund, echokardiographischer Rechtsherzbelastung sowie SPESI ≥1, aber hämodynamischer Stabilität als Intermediär-Hoch-Risikopatientin klassifiziert und zur weiteren Überwachung auf die Intensivstation verlegt. Es erfolgt eine Antikoagulation mit Apixaban.

Hypokinesie der freien RV-Wand, eine erhöhte Geschwindigkeit des trikuspidalen Regurgitationsjets, die verminderte systolische Exkursion der trikuspidalen Anulusebene („tricuspid anular plane systolic excursion“, TAPSE) oder Kombinationen der vorgenannten Kriterien (**Abb. 3**; [4, 10]). Auch wenn z.B. das **McConnell-Zeichen** (normale Kontraktilität der RV-Spitze bei deutlicher Hypokinesie der restlichen RV-Wände) eine hohe Spezifität, aber eine sehr geringe Sensitivität hat, ist zu betonen, dass fehlende echokardiographische Zeichen einer Rechtsherzbelastung eine LE nicht ausschließen. **Vierkammerdarstellungen** des Herzens mithilfe der CTPA können eine RV-Vergrößerung (Verhältnis der RV/LV Durchmesser) als einen Indikator für eine Dysfunktion des rechten Ventrikels aufzeigen.

Biomarker

Bei Patienten mit akuter LE korrelieren die **Troponinspiegel** mit dem Ausmaß der RV-Dysfunktion. Als Pathomechanismus der Troponinfreisetzung wird eine **Mikromyokardischämie** infolge eines Mismatch zwischen erhöhtem Sauerstoffbedarf des versagenden RV und des aktuellen Sauerstoffangebots angenommen [11]. Die kardialen Troponine I und T sind hilfreich für die Identifizierung von Patienten mit niedrigem Risiko für klinische Ereignisse.

Therapie

Antikoagulation

Alle Patienten mit LE benötigen eine therapeutische Antikoagulation für mindestens 3 Monate. Nach den aktuellen Leitlinien sollte außer bei Patienten mit eindeutigen reversiblen Ursachen einer LE eine **verlängerte Antikoagulation** zumindest in Betracht gezogen werden (Klasse-IIa-Empfehlung). Weitere Empfehlungen zur Dauer der Antikoagulation sind in **Tab. 7** zusammengefasst.

► **Wichtig**

Alle Patienten mit LE benötigen eine therapeutische Antikoagulation für mindestens 3 Monate.

Patienten, die für eine Wiedereröffnung der pulmonalen Gefäßstrombahn infrage kommen, sollten initial mit unfraktioniertem (UFH) oder niedermolekularem **Heparin** (LMWH) behandelt werden. Aufgrund der vergleichbaren Effektivität bei besserem Sicherheitsprofil im Vergleich zu Vitamin-K-Antagonisten (VKA) gelten heutzutage direkte orale Antikoagulanzen (DOAK) als Therapie der Wahl bei allen anderen Patienten (**Abb. 4**; [12]). Allerdings sollten diese Medikamente nicht bei schwerer Niereninsuffizienz, schwangeren oder stillenden Patientinnen oder bei vorliegendem Antiphospholipidsyndrom eingesetzt werden. Auch innerhalb der Gruppe der DOAK sind bei der Therapiewahl besondere Eigenschaften der jeweiligen Wirkstoffe zu berücksichtigen. Das gilt insbesondere bei geriatrischen Patienten, bei niedrigem Körpergewicht sowie allgemein bei fragilen Patienten. Die genannten Parameter können eine Dosisreduktion der Gerinnungshemmer notwendig machen, wobei jedoch auch in diesem Punkt relevante Unterschiede zwischen den einzelnen Wirkstoffen bestehen.

► **Wichtig**

Direkte orale Antikoagulanzen sind vor den VKA die Therapie der 1. Wahl.

Ambulante oder stationäre Behandlung?

Basierend auf den Ergebnissen der HoT-PE-Studie (Home Treatment of Patients with Low-Risk Pulmonary Embolism With the Oral Factor Xa Inhibitor Rivaroxaban) sind bei wohl selektionierten Niedrigrisikopatienten (keine anderen Gründe für Hospitalisierung,

Tab. 7 Empfehlungen zur Dauer der Antikoagulation bei Lungenembolie	
Dauer der Antikoagulation	Empfehlung
Beendigung der Antikoagulation nach 3 Monaten	Bei Patienten mit einem ersten Ereignis sekundär nach einem transienten/reversiblen „Major“-Risikofaktor (<i>Klasse-IB-Empfehlung</i>)
Verlängerung der Antikoagulation über 3 Monate empfohlen (dauerhafte Antikoagulation)	Bei Patienten mit einem wiederholten Ereignis (nicht assoziiert mit einem transienten/reversiblen „Major“-Risikofaktor; <i>Klasse-IB-Empfehlung</i>)
	Bei Patienten mit einem Antiphospholipidsyndrom (<i>Klasse-IB-Empfehlung</i>)
Verlängerung der Antikoagulation über 3 Monate erwägen (dauerhafte Antikoagulation)	Bei Patienten mit einem ersten Ereignis ohne erkennbaren Risikofaktor (<i>Klasse-IIaA-Empfehlung</i>)
	Bei Patienten mit einem ersten Ereignis, assoziiert mit einem persistierenden Risikofaktor (außer Antiphospholipidsyndrom; <i>Klasse-IIaC-Empfehlung</i>)
	Bei Patienten mit einem ersten Ereignis, assoziiert mit einem transienten/reversiblen „Minor“-Risikofaktor (<i>Klasse-IIaC-Empfehlung</i>)

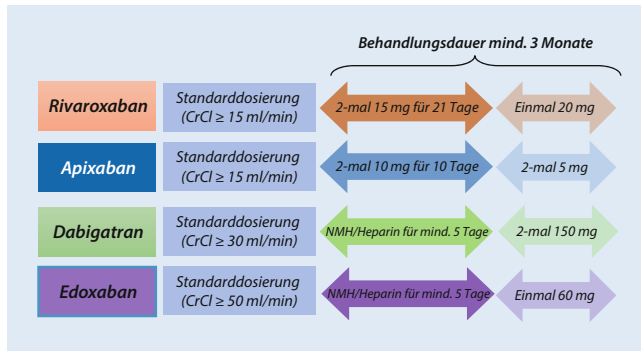


Abb. 4 ▲ Dosierungsschemata von Rivaroxaban, Apixaban, Dabigatran und Edoxaban in der Therapie der akuten Lungenembolie. Dosisreduktion je nach Nierenfunktion oder anhand anderer Faktoren (entsprechend den Fachinformationen des Herstellers, z. B. Alter, Gewicht, immunsuppressive Komedikation). CrCl Kreatinin-Clearance, NMH niedermolekulares Heparin

ambulante Unterstützung und leichter Zugang zu medizinischer Versorgung gewährleistet) ohne Zeichen der Rechtsherzbelastung eine frühe Entlassung und eine ambulante Therapie möglich (Klasse-IIa-Empfehlung; [13]). Eine Hilfestellung im Entscheidungsprozess für oder gegen eine ambulante Therapie können die **Hestia-Ausschlusskriterien** geben. Werden alle 11 Fragen mit Nein beantwortet, beträgt die Dreimonatsmortalität nur ca. 1%, und die Patienten können entlassen werden. Mithilfe der Hestia-Kriterien können aber v. a. Patienten identifiziert werden, die trotz niedrigem Risiko nach PESI stationär behandelt werden sollten [14].

Wiedereröffnung der Lungenstrombahn (Reperfusionstherapie)

Bei Hochrisikopatienten wird neben der systemischen Antikoagulation mit unfractioniertem Heparin (Empfehlungsgrad IC) eine **systemische Thrombolyse** (Empfehlungsgrad IB, 2014: IIa) und bei Kontraindikation oder Versagen der Thrombolyse eine operative pulmonale Embolektomie (Empfehlungsgrad IC, 2014: IIb) oder eine perkutane kathetergesteuerte Behandlung (Empfehlungsgrad IIa) empfohlen [5, 15]. Für die systemische Thrombolyse werden in den Leitlinien Dosierungsschemata (Tab. 8) und Kontraindikationen (Infobox 1) für die Medikamente rekombinanter Plasminogenakti-

Substanz	Behandlungsschema
Rekombinanter Plasminogenaktivator (rtPA)	Bolusinjektion von 10 mg über 1–2 min (gefolgt von 90 mg über 2 h) oder 100 mg über 2 h oder akzeleriert: 0,6 mg/kgKG über 15 min (maximale Dosis 50 mg)
Streptokinase	250.000 IE über 30 min, gefolgt von 100.000 IE/h über 12–24 h oder akzeleriert: 1,5 Mio. IE über 2 h
Urokinase	4400 IE/kgKG über 10 min, gefolgt von 4400 IE/kgKG und h über 12–24 h oder akzeleriert: 3 Mio. IE über 2 h

Infobox 1

Kontraindikationen für Fibrinolytika zur Therapie der Lungenembolie

Absolut

- Früherer hämorrhagischer Schlaganfall
- Ischämischer Schlaganfall ≤6 Monate
- Neoplasie oder Metastasen des Zentralnervensystems
- Größere Verletzungen/Operationen ≤3 Wochen
- Aktive Blutung

Relativ

- Transitorische ischämische Attacke (TIA) ≤6 Monate
- Laufende Therapie mit oralen Antikoagulanzen
- Nichtkomprimierbare arterielle Punktion
- Schwangerschaft oder postpartale Zeit ≤1 Woche
- Fortgeschrittene Lebererkrankung
- Bakterielle Endokarditis
- Aktives Magengeschwür
- Unkontrollierter Hypertonus, systolischer Blutdruck >180 mm Hg
- Traumatische kardiopulmonale Reanimation

vator (rtPA), Streptokinase und Urokinase angegeben. Während bei rtPA eine zusätzliche kontinuierliche Antikoagulation mit Heparin erfolgt, ist dies bei Streptokinase und Urokinase nicht sinnvoll.

► Wichtig

Bei Hochrisikopatienten (hämodynamisch instabil) wird neben der initialen systemischen Antikoagulation mit unfractioniertem Heparin (UFH) eine Therapie zur Wiedereröffnung der Lungenstrombahn empfohlen.

Bei hämodynamisch stabilen Patienten wird aufgrund des hohen **Blutungsrisikos** eine thrombolytische Therapie nicht routinemäßig empfohlen. Patienten mit intermediär-hohem Risiko haben durch eine Thrombolyse zwar eine Reduktion der LE-assoziierten Komplikationsrate, allerdings ist dies mit einem erhöhten Blutungsrisiko, einschließlich intrazerebraler Blutungen, verbunden (Pulmonary Embolism Thrombolysis [PEITHO] Study, [16]). Bei hämodynamischer Verschlechterung oder ausbleibender Verbesserung und niedrigem Blutungsrisiko kann eine solche Therapie erwogen werden. Die Gabe einer reduzierten Dosis **Alteplase** wird bei dieser Risikogruppe zur Reduktion des Blutungsrisikos diskutiert, die Datenlage ist jedoch noch unzureichend [17].

► Wichtig

Bei Patienten mit intermediär-hohem Risiko kann bei hämodynamischer Verschlechterung oder ausbleibender Verbesserung und bei niedrigem Blutungsrisiko eine Thrombolysetherapie erwogen werden.

Zur **interventionellen Embolektomie** sind verschiedene Methoden etabliert und bereits klinisch im Einsatz (Rotationsembolektomie, rheolytische Embolektomie, Aspirationsembolektomie, Katheterlyse). Insgesamt sind die Studienergebnisse bei den **kathetergestützten Methoden** aufgrund kleiner Gruppengrößen und heterogener Populationen nicht konklusiv, und bisher ist kein Verfahren dem anderen unter- oder überlegen [18]. Die Wahl des Verfahrens hängt somit von der Erfahrung des Zentrums ab. Die chirurgische pulmonale Embolektomie ist primär bei echokardio-

Im weiteren Verlauf kommt es auf der Intensivstation zu einer progredienten hämodynamischen Verschlechterung der Patientin mit Schocksymptomatik. Echokardiographisch zeigt sich eine deutlich zunehmende Rechtsherzbelastung mit „D sign“. Nach Ausschluss von Kontraindikationen wird eine Thrombolyse mit rtPA durchgeführt. Darunter kommt es zur raschen Rekompensation. Außer einer Makrohämaturie treten keine Blutungskomplikationen auf.

graphischem Nachweis eines Embolus in einem persistierenden Foramen ovale (PFO), im rechten Atrium oder im rechten Ventrikel indiziert [19, 20]. Zudem sind proximale Emboli chirurgisch gut zugänglich. Erstmals empfiehlt die Leitlinie die **extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)** als therapeutische Option zur Stabilisierung der Hämodynamik als Bridging-Verfahren zur definitiven Therapie [21, 22]. Dabei ist zu betonen, dass durch die Anlage der großlumigen venösen Kanüle über die Leiste Thromben zum rechten Herzen und zur Lungenstrombahn vorgeschoben werden können. Somit sollten Thromben vor der Anlage der Kanüle ausgeschlossen werden.

Zu Optimierung und Beschleunigung des therapeutischen Managements von hämodynamisch beeinträchtigten LE-Patienten

wird die Einrichtung von interdisziplinären „pulmonary embolism response teams“ empfohlen (PERT; Klasse-IIa-Empfehlung; [2, 23]).

Lungenembolie in der Schwangerschaft

Lungenembolien sind die häufigste Todesursache bei Schwangeren, wobei das Risiko als besonders hoch in der postpartalen Phase, v. a. nach **Sectio caesarea**, angegeben wird. Entsprechend niedrig ist die Schwelle zur Veranlassung der Diagnostik [24]. Allerdings liegt nur bei ca. 2–7% aller Schwangeren, bei denen wegen eines klinischen Verdachts eine CTPA erfolgt, tatsächlich eine LE vor. Die CTPA belastet aufgrund der **Strahlenexposition** und des Kontrastmittels sowohl die Mutter als auch das ungeborene Kind. Daher empfiehlt die aktuelle Leitlinie einen diagnostischen Algorithmus bei Verdacht auf LE in der Schwangerschaft mit niedrigem bis intermediärem Risiko, der neben der klinischen Einschätzung der Patientin auf der Bestimmung der D-Dimere (Aufwertung auf Empfehlungsgrad IIa), **Ultraschallverfahren** (Kompressionssonographie) sowie ggf. weiterer radiologischer Diagnostik beruht (**Abb. 5**). Der hohe negativ-prädiktive Wert des D-Dimer-Tests besteht auch bei Schwangeren, die physiologischerweise erhöhte D-Dimer-Werte aufweisen. Bei hoher klinischer Wahrscheinlichkeit

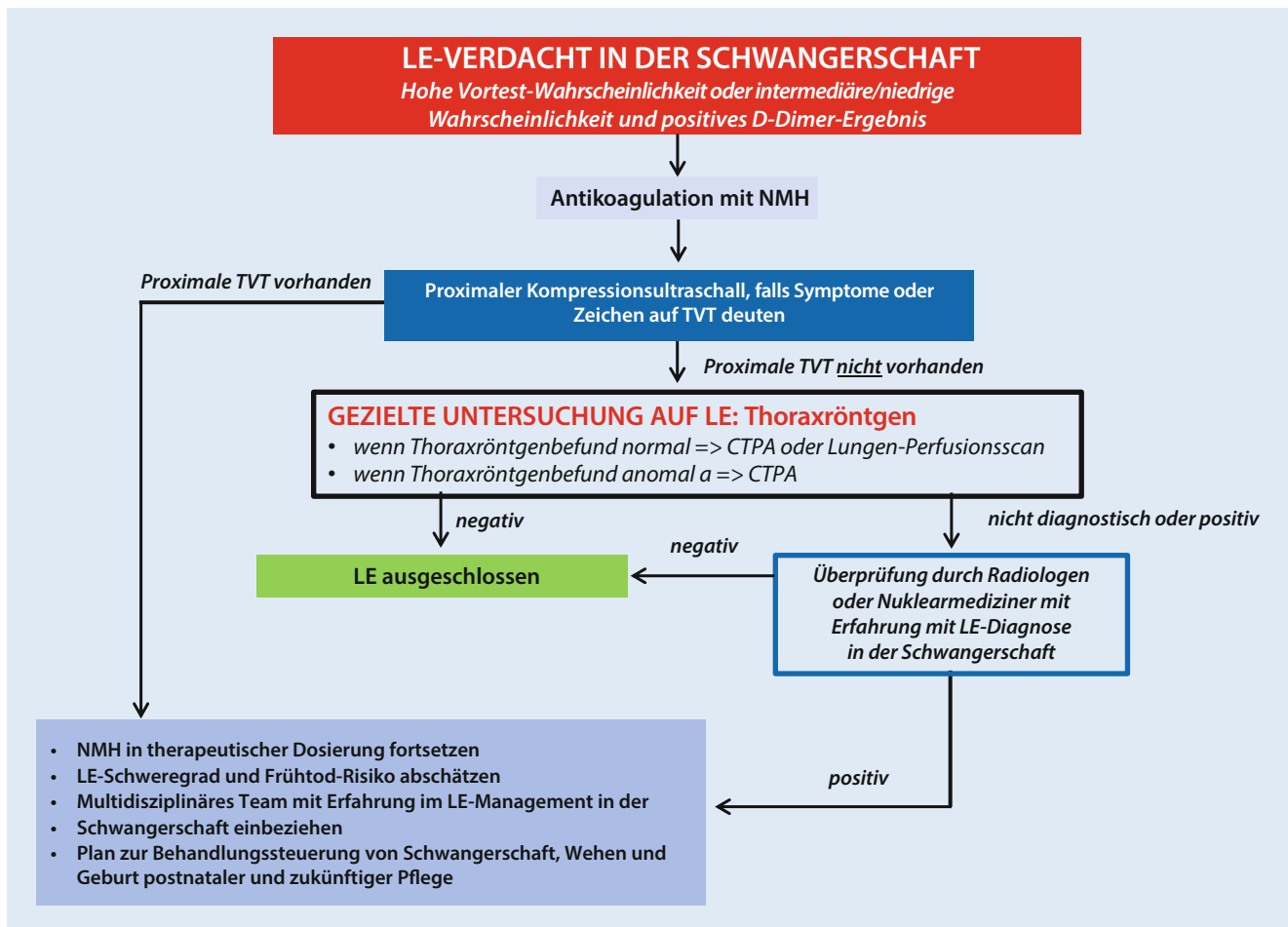


Abb. 5 Algorithmus zu Diagnostik und Therapie bei Verdacht auf Lungenembolie (LE) in der Schwangerschaft und bis zu 6 Wochen nach Geburt. CTPA Computertomographie-Pulmonalisangiographie, NMH niedermolekulares Heparin, TVT tiefe Venenthrombose

Nach rascher Rekompensation kann die Patientin auf die Normalstation verlegt und im weiteren Verlauf aus dem Krankenhaus entlassen werden. Es wird beim ersten Ereignis, assoziiert mit einem transienten/reversiblen „Minor“-Risikofaktor, eine dauerhafte Antikoagulation mit Apixaban empfohlen.

für eine LE, positiven D-Dimer-Befunden und sonographischem Nachweis einer TVT wird eine therapeutische Antikoagulation mit LMWH ohne weitere diagnostische Abklärung empfohlen. Direkte orale Antikoagulanzen werden während der Schwangerschaft und Stillzeit nicht empfohlen. Bei fehlendem Nachweis einer TVT soll in Abhängigkeit vom **Thoraxröntgenbefund** eine weitere bildgebende Untersuchung erfolgen: Eine CTPA (Protokoll mit niedriger Strahlendosis) sollte als Option der 1. Wahl erwogen werden, wenn der Thoraxröntgenbefund pathologisch ist. Bei unauffälligem Ergebnis des Thoraxröntgens sollte eine Ventilation-Perfusion-Szintigraphie oder eine CTPA durchgeführt werden. Bei hämodynamisch instabilen schwangeren Patientinnen (Hochrisikogruppe) sollte der gleiche diagnostische und therapeutische Notfallalgorithmus wie bei nichtschwangeren Patienten eingesetzt werden.

Patienten mit Krebserkrankungen

Jeder 5. Tumorpatient erkrankt an einer Thrombose; umgekehrt wird bei jedem 5. Thrombosefall ein Krebsleiden entdeckt. Das Risiko für eine **venöse Thromboembolie** (VTE) ist damit gegenüber Nichttumorpatienten etwa 4- bis 7-mal erhöht.

Thromboembolien stellen die zweithäufigste Todesursache bei Krebspatienten dar. Es gibt verschiedene Ansätze, das LE-Risiko bei Tumorpatienten zu evaluieren, z. B. den **Khorana-Score**, der neben der Art des Primärtumors die Thrombozytenzahl vor Beginn einer Chemotherapie, das Ausmaß der Anämie bzw. den Einsatz von Erythropoetinanaloga, die Leukozytenzahl vor Therapie und den Body-Mass-Index (BMI) berücksichtigt [25]. Zur genaueren Bestimmung des Thromboserisikos können zusätzliche Werte wie D-Dimere und P-Selektin ermittelt und mit den Faktoren aus dem Khorana-Score kombiniert werden, sodass der **Vienna Score** ermittelt wird [26]. Dieser erlaubt eine Differenzierung zwischen Hochrisikokollektiven, Kollektiven mittleren Risikos und Kollektiven mit geringem Risiko. Die Bestimmung des **P-Selektins** stellt allerdings in der Versorgungsrealität jedoch keine Routinelaboruntersuchung dar.

Da bei bekannter manifester Tumorerkrankung von erhöhten D-Dimer-Werten ausgegangen werden kann, gelingt nur bei etwa jedem 10. Patienten der Ausschluss einer LE mithilfe der D-Dimer-Werte (in der Allgemeinbevölkerung bei jedem Dritten). Allerdings weisen steigende D-Dimer-Werte im Blut bei Patienten mit Krebserkrankungen auf ein hohes Thromboserisiko hin, sodass serielle Messungen bei Risikopatienten sinnvoll sein können.

Patienten mit LE aufgrund einer Krebserkrankung haben ein erhöhtes Risiko sowohl für VTE-Rezidive trotz durchgeführter Antikoagulation als auch für Blutungskomplikationen unter dieser Therapie. Neben der von den meisten internationalen Leitlinien seit Jahren empfohlenen parenteralen Antikoagulation mit einem NMH – anstatt eines VKA – für die ersten 3 bis 6 Monate existieren seit wenigen Jahren Daten, die auf eine mindestens gleichwertige

Wirksamkeit von **Edoxaban** und (in einer vergleichsweise kleiner Studie) Rivaroxaban hinweisen [27]. Daher empfiehlt die 2019-ESC-Leitlinie, diese Substanzen als Alternative zu einem NMH bei Patienten mit Krebserkrankung mit Ausnahme von Tumorerkrankungen des Gastrointestinaltrakts zu erwägen.

Fazit für die Praxis

- Patienten mit einer Lungenembolie (LE) werden anhand der hämodynamischen Situation, der Rechtsherzbelastung in Echokardiographie oder Computertomographie (CT), biochemischer Marker (Troponin) sowie des (simplified) Pulmonary Embolism Severity Index ([s]PESI) in 4 Risikogruppen eingeteilt.
- Hämodynamisch instabile Patienten (Hochrisikopatienten) benötigen eine sofortige Diagnosestellung am ehesten mithilfe von Computertomographie-Pulmonalisangiographie (CTPA) oder Echokardiographie und eine Therapie zur Wiedereröffnung der Lungenstrombahn (Lyse, Operation, interventionell).
- Auch bei Patienten mit intermediär-hohem Risiko *kann* bei hämodynamischer Verschlechterung/Dekompensation (oder ausbleibender Verbesserung) und niedrigem Blutungsrisiko eine reperfundierende Therapie erwogen werden.
- Bei Verdacht auf eine akute LE in der Schwangerschaft soll ein standardisierter diagnostischer Algorithmus angewandt werden, mit dem Ziel, den unnötigen Einsatz ionisierender Strahlung zu vermeiden.
- Eine Antikoagulation zur Sekundärprophylaxe ist für mindestens 3 Monate erforderlich. Direkte orale Antikoagulanzen (DOAK) sind mit Ausnahmen die Therapie der Wahl.

Korrespondenzadresse

Dr. K. Pilarczyk
Klinik für Intensivmedizin, imland Klinik
Lilienstr. 22–28, 24768 Rendsburg, Deutschland
kevin.pilarczyk@imland.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. **K. Pilarczyk** gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Arzt (Oberarzt Klinik für Intensivmedizin), imland Klinik Rendsburg | Mitgliedschaften: DIVI, ESICM, DGTHG, DGIN, GRC. **N.E. El Mokhtari** gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Kardiologe, Chefarzt, Klinik für Kardiologie, Pneumologie und Innere Medizin, imland Klinik Rendsburg | Mitgliedschaft: Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. **T. Fleischmann** gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. Nichtfinanzielle Interessen: Chefarzt der Notaufnahmen Rendsburg und Eckernförde, imland Kliniken gGmbH | Mitgliedschaften: European Society for Emergency Medicine (EUSEM), Royal College of Emergency Medicine (RCEM), American College of Emergency Physicians (ACEP), Deutsche Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin (DGINA) e. V. **N. Haake** gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Chefarzt an der Imland Klinik Rendsburg, Chefarzt Intensivmedizin, Facharzt für Herzchirurgie | niedergelassener Privatarzt (Herz-Kreis-

lauf-Sportmedizin) | Mitgliedschaften: DIVI, ESICM, DGTHG, DGIIN, DGNI, GRC, DGSP, GTÜM. S.V. **Konstantinides:** Finanzielle Interessen: Forschungsförderung (Institution): Bayer AG, Boehringer Ingelheim, Daiichi Sankyo, Servier, Actelion-Janssen. – Referentenhonorar: Bayer AG, MSD, Bristol-Myers Squibb/Pfizer, Daiichi Sankyo, Actelion-Janssen. Nichtfinanzielle Interessen: Univ.-Professor, Professor Klinische Studien und Ärztlicher Direktor, Centrum für Thrombose und Hämostase, Universitätsmedizin Mainz.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Konstantinides S, Torbicki A, Agnelli G et al (2014) 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J* 35:3033–3069
- Konstantinides SM, Meyer G, Becattini C et al (2019) 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J*. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>
- Hobohm L, Lankeit M (2019) Pulmonary embolism. *Dtsch Med Wochenschr* 144(18):1286–1300
- Pilarczyk K, Renner J, Haake N (2019) Acute right heart failure on the intensive care unit: pathophysiology, monitoring and management. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 114(6):567–588
- Miniati M, Prediletto R, Formichi B, Marini C, Di Ricco G, Tonelli L, Allescia G, Pistolesi M (1999) Accuracy of clinical assessment in the diagnosis of pulmonary embolism. *Am J Respir Crit Care Med* 159:864–871
- Kearon C, de Wit K, Parpia S, Schulman S, Afialo M, Hirsch A, Spencer FA, Sharma S, D'Arango F, Deshaies JF, Le Gal G, Lazo-Langner A, Wu C, Rudd-Scott L, Bates SM, Julian JA, PEGeD Study Investigators. (2019) Diagnosis of Pulmonary Embolism with d-Dimer Adjusted to Clinical Probability. *N Engl J Med* 381(22):2125–2134
- van der Hulle T, Cheung WY, Kooij Set al (2017) Simplified diagnostic management of suspected pulmonary embolism (the YEARS study): a prospective, multicentre, cohort study. *Lancet* 390:289–297
- Penalzoza A, Soulié C, Moumneh T, Delmez Q, Ghuysen A, El Kouri D, Brice C, Marjanovic NS, Bouget J, Moustafa F, Trinh-Duc A, Le Gall C, Imsaad L, Chrétien JM, Gable B, Girard P, Sanchez O, Schmidt J, Le Gal G, Meyer G, Delvau N, Roy PM (2017) Pulmonary embolism rule-out criteria (PERC) rule in European patients with low implicit clinical probability (PERCEPIC): a multicentre, prospective, observational study. *Lancet Haematol* 4(12):e615–e621
- Elias A, Mallett S, Daoud-Elias M, Poggi JN, Clarke M (2016) Prognostic models in acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 6(4):e10324
- Pilarczyk K, Sander M, Groesdonk H, Haake N (2018) Fokussierte Echokardiographie in der Intensivmedizin. In: Eckart J, Forst H, Briegel J (Hrsg) *Intensivmedizin-Kompodium und Repetitorium zur interdisziplinären Weiter- und Fortbildung. ecomed Medizin, Landsberg am Lech*
- Kupp S, Pöss J (2019) Importance of biomarkers in pulmonary embolism. *Internist* 60(6):571–577
- Olschewski H (2018) Pulmonary embolism and direct oral anticoagulants. *Wien Med Wochenschr* 168(5–6):144–147
- Barco S, Schmidtmann I, Ageno W, Bauersachs RM, Becattini C, Bernardi E, Beyer-Westendorf J, Bonacchini L, Brachmann J, Christ M, Czihal M, Duerschmied D, Empen K, Espinola-Klein C, Ficker JH, Fonseca C, Genth-Zotz S, Jiménez D, Harjola VP, Held M, Iogna Prat L, Lange TJ, Manolis A, Meyer A, Mustonen P, Rauch-Kroehnert U, Ruiz-Artacho P, Schellong S, Schwaiblmair M, Stahrenberg R, Westerweel PE, Wild PS, Konstantinides SV, Lankeit M, HoT-PE Investigators (2019) Early discharge and home treatment of patients with low-risk pulmonary embolism with the oral factor Xa inhibitor rivaroxaban: an international multicentre single-arm clinical trial. *Eur Heart J*. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz367>
- Zondag W, Vingerhoets LM, Durian MF, Dolsma A, Faber LM, Hiddinga BI, Hofstee HM, Hoogerbrugge AD, Hovens MM, Labots G, Vlasveld T, de Vreede MJ, Kroft LJ, Huisman MV, Hestia Study Investigators (2013) Hestia criteria can safely select patients with pulmonary embolism for outpatient treatment irrespective of right ventricular function. *J Thromb Haemost* 11(4):686–692
- Keller K, Hobohm L, Ebner M, Kresoja KP, Münzel T, Konstantinides SV, Lankeit M (2019) Trends in thrombolytic treatment and outcomes of acute pulmonary embolism in Germany. *Eur Heart J*. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz236>
- Konstantinides SV, Vicaut E, Danays T, Becattini C, Bertoletti L, Beyer-Westendorf J, Bouvaist H, Couturaud F, Dellas C, Duerschmied D, Empen K, Ferrari E, Galieè N, Jiménez D, Kostrubiec M, Kozak M, Kupatt C, Lang IM, Lankeit M, Meneveau N, Palazzini M, Pruszczyk P, Rugolotto M, Salvi A, Sanchez O, Schellong S, Sobkowicz B, Meyer G (2017) Impact of thrombolytic therapy on the long-term outcome of intermediate-risk pulmonary embolism. *J Am Coll Cardiol* 69(12):1536–1544
- Sharif M, Bay C, Skrocki L, Rahimi F, Mehdipour M (2013) “MOPETT” Investigators. Moderate pulmonary embolism treated with thrombolysis (from the “MOPETT” Trial). *Am J Cardiol* 111(2):273–277
- Giri J, Sista AK, Weinberg I, Kearon C, Kumbhani DJ, Desai ND, Piazza G, Gladwin MT, Chatterjee S, Kobayashi T, Kabrhel C, Barnes GD (2019) Interventional therapies for acute pulmonary embolism: current status and principles for the development of novel evidence: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 140(20):e774–e801
- Dohle K, Dohle DS, ElBeyrouti H, Buschmann K, Emrich AL, Brendel L, Vahl CF (2018) Short- and long-term outcomes for the surgical treatment of acute pulmonary embolism. *Innov Surg Sci* 3(4):271–276
- Iaccarino A, Frati G, Schirone L, Saade W, Iovine E, D'Abramo M, De Bellis A, Sciarretta S, Greco E (2018) Surgical embolectomy for acute massive pulmonary embolism: state of the art. *J Thorac Dis* 10(8):5154–5161
- O'Malley TJ, Choi JH, Maynes EJ, Wood CT, D'Antonio ND, Mellado M, West FM, Galanis T, Gonsalves CF, Marhefka GD, Aawsare BK, Merli GJ, Tchanchaleishvili V (2020) Outcomes of extracorporeal life support for the treatment of acute massive pulmonary embolism: A systematic review. *Resuscitation* 146:132–137
- Pilarczyk K, Boeken U, Michels G, Haake N (2019) Kurzfristige mechanische Kreislaufunterstützung: Wer, wann und wie? In: Kluge S, Jannsens U, Heringlake M, Böttiger B (Hrsg) *DIVI Jahrbuch 2019/2020: Fortbildung und Wissenschaft in der interdisziplinären Intensivmedizin und Notfallmedizin. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin*
- Chaudhury P, Gadre S, Schneider E, Renapurkar R, Gomes M, Haddadin I, Heresi G, Tong MZ, Bartholomew JR (2019) Impact of multidisciplinary pulmonary embolism response team availability on management and outcomes. *Am J Cardiol* 124(9):1465–1469
- Dado CD, Levinson AT, Bourjeily G (2018) Pregnancy and Pulmonary Embolism. *Clin Chest Med* 39(3):525–537
- Mulder FI, Candeloro M, Kamphuisen PW, Di Nisio M, Bossuyt PM, Guman N, Smit K, Büller HR, van Es N2 CAT-prediction collaborators (2019) The Khorana score for prediction of venous thromboembolism in cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Haematologica* 104(6):1277–1287
- Eichinger S, Heinze G, Jandek LM, Kyrle PA (2010) Risk assessment of recurrence in patients with unprovoked deep vein thrombosis or pulmonary embolism: the Vienna prediction model. *Circulation* 121(14):1630–1636
- Young AM, Marshall A, Thirlwall J, Chapman O, Lokare A, Hill C, Hale D, Dunn JA, Lyman GH, Hutchinson C, MacCallum P, Kakkar A, Hobbs FDR, Petrou S, Dale J, Poole CJ, Maraveyas A, Levine M (2018) Comparison of an oral factor Xa inhibitor with low molecular weight heparin in patients with cancer with venous thromboembolism: results of a randomized trial (SELECT-D). *J Clin Oncol* 36(20):2017–2023



Diagnostik und Therapie der akuten Lungenembolie

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-notfall-und-rettungsmedizin

? Welche Aussage zur Lungenembolie ist zutreffend?

- Der Ursprung des thrombotischen Materials ist selten in den tiefen Beinvenen zu finden.
- Die Lungenembolie weist eine ausgesprochene Frühmortalität auf.
- In der akuten Phase kommt es zu einem Abfall des pulmonalarteriellen Drucks.
- Ein nichtadaptierter rechter Ventrikel kann maximale Mitteldrücke von 80 mmHg problemlos aufbauen.
- Das Wiedereröffnen des Foramen ovale ist eine absolute Rarität.

? Welches der folgenden Tools findet für die momentane Risikostratifizierung von Patienten mit Verdacht auf Lungenembolie keine Anwendung?

- Troponin T
- Transthorakale Echokardiographie
- Computertomographie
- D-Dimere
- EKG

? Welcher der folgenden Parameter ist in dem simplified Pulmonary Embolism Severity Index (sPESI) enthalten?

- Klinisch tiefe Venenthrombose
- Alter >80 Jahre
- Bradykardie <60/min
- Immobilisierung in den letzten 3 Tagen/ Operation innerhalb der letzten 4 Wochen
- Hämoptysen

? Wann soll ein D-Dimer-Test durchgeführt werden?

- Bei allen Patienten mit geringer oder mittlerer Wahrscheinlichkeit für eine Lungenembolie laut Wells oder Genf-Score und „nichthohem Risiko“
- Bei allen hospitalisierten Patienten mit Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Bei allen älteren Patienten mit Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Bei allen Patienten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Lungenembolie (LE) und „hohem Risiko“
- Bei allen Patienten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Lungenembolie (LE) und „nicht-hohem Risiko“

? Bei welchen Patienten wird eine Antikoagulation empfohlen?

- Nur nach positiver D-Dimer-Testung bei Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Bei allen Patienten mit einem Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Bei allen hämodynamisch instabilen Patienten mit Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Bei allen hämodynamisch stabilen Patienten mit Verdacht auf Lungenembolie (LE)
- Nur bei Patienten mit einem „hohen“ und „intermediär-hohen“ Risiko

? Bei welchen Patienten mit Lungenembolie wird eine routinemäßige systemische Thrombolyse empfohlen?

- Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit „intermediär-hohem“ Risiko
- Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit „intermediär-niedrigem“ Risiko
- Bei allen hämodynamisch instabilen Patienten
- Bei allen Patienten mit einer Rechtsherzbelastung in der Echokardiographie
- Nur bei Patienten, wenn eine interventionelle Therapie erfolglos blieb

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Ärzte: Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit 3 Punkten (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖAK) 2013).

Rettenungsdienstfachpersonal: Die Fortbildung für das Rettungsdienstfachpersonal wird durch das jeweils zuständige Landesrettungsdienstgesetz geregelt, wonach die Anerkennung den jeweils zuständigen Ausbildungsstätten obliegt. Die Teilnahmebescheinigung dieser Fortbildung ist dem Arbeitgeber zur Prüfung der Anerkennung vorzulegen.

Es gelten folgende Anerkennungen:

- Der Malteser Hilfsdienst erkennt 1,5 Fortbildungspunkte bei erfolgreichem Abschluss dieser Fortbildung an. Es wird ein Umfang von max. 10 Fortbildungspunkten jährlich für dieses Fortbildungsformat anerkannt.

- Die Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr der Landesfeuerweherschule erkennt 3 Fortbildungspunkte pro erfolgreichem Abschluss einer Fortbildung an.
- Die Feuerwehr München/Branddirektion erkennt 3 Fortbildungspunkte pro erfolgreichem Abschluss einer Fortbildung an.

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.
- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent

? Welcher der folgenden echokardiographischen Befunde spricht für eine Rechtsherzbelastung?

- Eine „tricuspid anular plane systolic excursion“ (TAPSE) >20 mm
- Ein systolischer pulmonalarterieller Druck <40 mm Hg
- Ein „D shaping“ des linken Ventrikels
- Eine atemmodulierte V. cava inferior mit einem Durchmesser von 1 cm
- Größenverhältnisse von rechtem und linkem Ventrikel (RV/LV-Ratio) <0,6

? Welche Aussage zur Lungenembolie in der Schwangerschaft ist zutreffend?

- Lungenembolien sind insgesamt seltener.
- Lungenembolien treten v.a. in der Frühschwangerschaft auf.
- Schwangere weisen erniedrigte D-Dimer-Werte auf.
- Eine Perfusionsszintigraphie verbietet sich grundsätzlich.
- Zur Antikoagulation bei niedrigem/intermediärem Risiko werden niedermolekulare Heparine empfohlen.

? Bei einem Patienten mit einer Lungenembolie auf dem Boden einer aktiven Krebserkrankung ist welche Therapie richtig?

- Eine Antikoagulation mit Vitamin-K-Antagonisten ist über 3 bis maximal 6 Monate durchzuführen.
- Eine thrombolytische Behandlung ist aufgrund des hohen Blutungsrisikos immer kontraindiziert.
- In den ersten Monaten sollten niedermolekulare Heparine im Vergleich zu Vitamin-K-Antagonisten bevorzugt werden.
- Niedermolekulare Heparine sind zu vermeiden, da das Risiko einer heparininduzierten Thrombozytopenie (HIT) hoch ist.
- Direkte orale Antikoagulanzen wie Rivaroxaban oder Edoxaban sind grundsätzlich kontraindiziert.

? Welche der folgenden Erkrankungen stellt eine absolute Kontraindikation zur Lysetherapie dar?

- Ischämischer Schlaganfall vor 8 Wochen
- Leberzirrhose Child-Pugh-Stadium B
- Chronische terminale Niereninsuffizienz
- Z.n. Magengeschwür
- Z.n. Entbindung vor 2 Monaten



Der neue Kurs: Hyponatriämie

DGGM Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin



- ✓ Leitlinienorientiert und fallbasiert
- ✓ Optimiert für Smartphones
- ✓ Zertifiziert mit 3 Punkten

Diesen CME-Kurs finden Sie auf

» **DGIM-eAkademie.de**

Das Fortbildungs-Portal der DGIM:
Kostenfrei für alle Mitglieder und e.Med-Abonnenten



Alle Kurse sind optimiert für die Teilnahme per Smartphone

