

ORIGINAL

Desarrollo y validación prospectiva de la escala TIHCOVID: una herramienta de triaje y priorización del traslado interhospitalario de pacientes COVID-19 graves

Silvia Solà^{1,7}, Javier Jacob², Youcef Azeli^{1,3,4}, Josep Trenado^{1,5}, Jorge Morales-Álvarez¹, Francesc Xavier Jiménez-Fàbrega^{1,6,7}

Objetivo. Desarrollar y validar una escala predictiva de eventos críticos en pacientes con infección grave por COVID-19 candidatos a traslado interhospitalario (TIH) que facilite el triaje y la priorización del transporte sanitario.

Método. Estudio de cohortes prospectivo dividido en dos periodos: validación interna (febrero-abril 2020) y validación externa (octubre-diciembre 2020). Se incluyeron consecutivamente los pacientes con infección grave por COVID-19 trasladados por el Sistema de Emergencias Médicas de Cataluña. Se construyó un modelo predictivo de las variables asociadas a la mortalidad recogidas en el momento del primer contacto entre el hospital emisor y el centro de coordinación. Se calculó el rendimiento del modelo y se comparó la validación interna y externa, evaluando la calibración y la discriminación.

Resultados. Se incluyeron 900 pacientes, 450 pacientes en cada periodo de estudio. La mortalidad durante el ingreso fue del 33,8%. Las 7 variables predictoras incluidas en el modelo final fueron edad, comorbilidad, pronación, insuficiencia renal aguda, uso de oxigenoterapia de alto flujo previa a la ventilación mecánica invasiva, tabaquismo activo y un valor de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 50$. El modelo mostró un buen rendimiento (Brier = 0,172) y consistencia en la calibración y discriminación. No se objetivaron diferencias en la pendiente de calibración [0,92 (IC 95%: 0,91-0,93) vs 1,12 (IC 95%: 0,6-1,17); $p = 0,150$] ni en la capacidad discriminativa [ABC 0,81 (IC 95%: 0,75-0,84) vs ABC de 0,85 (IC 95%: 0,81-0,89), $p = 0,121$] entre la validación interna y externa.

Conclusiones. La escala TIHCOVID puede ser de ayuda para el triaje de pacientes con infección COVID-19 grave que precisan traslado interhospitalario.

Palabras clave: COVID-19. Cuidados críticos. Servicios de Emergencias Médicas. Planificación de desastres. Planificación de salud regional.

Priority in interhospital transfers of patients with severe COVID-19: development and prospective validation of a triage tool

Objectives. To develop and validate a triage scale (Spanish acronym, TIHCOVID) to assign priority by predicting critical events in patients with severe COVID-19 who are candidates for interhospital transfer.

Methods. Prospective cohort study in 2 periods for internal (February–April 2020) and external (October–December 2020) validation. We included consecutive patients with severe COVID-19 who were transported by the emergency medical service of Catalonia. A risk model was developed to predict mortality based on variables recorded on first contact between the regional emergency coordination center and the transferring hospital. The model's performance was evaluated by means of calibration and discrimination, and the results for the first and second periods were compared.

Results. Nine hundred patients were included, 450 in each period. In-hospital mortality was 33.8%. The 7 predictors included in the final model were age, comorbidity, need for prone positioning, renal insufficiency, use of high-flow nasal oxygen prior to mechanical ventilation, and a ratio of PaO_2 to inspired oxygen fraction of less than 50. The performance of the model was good (Brier score, 0.172), and calibration and discrimination were consistent. We found no significant differences between the internal and external validation steps with respect to either the calibration slopes (0.92 [95% CI, 0.91–0.93] vs 1.12 [95% CI, 0.6–1.17], respectively; $P = .150$) or discrimination (area under the curve, 0.81 [95% CI, 0.75–0.84] vs 0.85 [95% CI, 0.81–0.89]; $P = .121$).

Conclusion. The TIHCOVID tool may be useful for triage when assigning priority for patients with severe COVID-19 who require transfer between hospitals.

Keywords: COVID-19. Critical care. Emergency health services. Disaster planning. Regional health planning.

Introducción

La crisis provocada por la pandemia COVID-19 ha puesto en jaque al sistema sanitario, pero las lecciones

aprendidas durante este tiempo han significado una oportunidad de mejora¹. El sistema sanitario, y en concreto los hospitales, han demostrado una gran plasticidad, aumentando su personal sanitario y el número de

Filiación de los autores:

¹Sistema d'Emergències Mèdiques de Catalunya, España.

²Servei d'Urgències Hospital Universitari de Bellvitge, Barcelona, España.

³Servei d'Urgències Hospital Universitari Sant Joan de Reus, Tarragona, España.

⁴Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili, Tarragona, España.

⁵Servei Medicina Intensiva UCI-Semicrítics, Hospital Universitario Mutua de Terrassa, Barcelona, España.

⁶Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

⁷Grupo RINVER. Red de Investigación de Emergencias Prehospitalarias.

Contribución de los autores:

Todos los autores han confirmado su autoría en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Autor para correspondencia:

Youcef Azeli
Sistema d'Emergències Mèdiques de Catalunya
Carrer de Pablo Iglesias, 101-115
L'Hospitalet de Llobregat,
Barcelona, España.

Correo electrónico:

youcefazeli@gencat.cat

Información del artículo:

Recibido: 12-7-2021

Aceptado: 31-8-2021

Online: 11-11-2021

Editor responsable:

Guillermo Burillo Putze

camas vinculadas a las unidades de cuidados intensivos (UCI) para afrontar una situación comparable a un incidente de múltiples víctimas sostenido en el tiempo². Sin embargo, los hospitales con mayor capacidad para albergar gran número de camas de UCI se encontraban en los grandes centros urbanos. Un análisis que estudió la distribución de los recursos sanitarios en Estados Unidos describió que la sobrecarga puede ser mayor en aquellas zonas alejadas de los principales centros urbanos y con menores disponibilidades de UCI³. Por otro lado, la sobrecarga de un solo hospital se ha asociado a un aumento de la mortalidad por COVID-19, hecho que pone de manifiesto la necesidad de estrategias sanitarias coordinadas⁴.

Garantizar la equidad del acceso al sistema sanitario y maximizar el beneficio para los pacientes cuando los recursos han sido escasos durante la pandemia ha sido objeto de debate y preocupación en la comunidad médica⁵. Se ha indicado que el abordaje de situaciones de crisis sanitarias como la vivida durante la pandemia COVID-19 puede ser mejor abordada desde un centro de coordinación regional centralizado capaz de facilitar respuestas rápidas y coordinadas. Igualmente, mejorar las estrategias de triaje previo al ingreso en las UCI es un elemento clave para optimizar los resultados frente a una nueva crisis⁶. En la literatura se han publicado múltiples escalas de triaje para identificar a los pacientes afectados por COVID-19 en riesgo de presentar deterioro clínico⁷. Estas escalas de triaje se han realizado para facilitar el manejo de estos pacientes al ingreso hospitalario, al ingreso en urgencias e incluso previo al ingreso hospitalario con datos clínicos domiciliarios⁸⁻¹².

Hasta donde sabemos, no se ha descrito en la literatura una herramienta de ayuda al triaje previo al ingreso en UCI aplicada desde un centro de coordinación sanitario (CeCoS) regional, que centralice la demanda de hospitales que no disponen de los recursos necesarios. El objetivo de este estudio fue diseñar y validar una escala predictiva de eventos críticos para aquellos pacientes con infección grave COVID-19 que precisan traslado desde otros centros hospitalarios.

Método

Diseño y escenario

Estudio observacional de cohortes prospectivo realizado en Cataluña en dos periodos. Incluyó a los pacientes críticos gestionados por la mesa de traslados interhospitalarios del Sistema d'Emergències Mèdiques de Catalunya (SEM). En un primer periodo del estudio se desarrolló la escala TIH-COVID (Traslado InterHospitalario COVID) y en un segundo periodo se realizó la validación externa. Este estudio se publica conforme a la guía TRIPOD¹³. Su diseño fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica de l'Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili (107/2020). Se obtuvo una exención del consentimiento informado de los participantes.

El SEM forma parte del sistema sanitario público catalán ofreciendo una cobertura del 100% del territorio. Cataluña tiene una extensión de 32.108 km² en la que viven 7.722.203 millones de habitantes que se distribuyen de forma asimétrica¹⁴. El 42,8% de esta población se concentra en el área metropolitana de Barcelona con una extensión de 636 km² que representa el 2% del total del territorio¹⁵. En febrero de 2020 el 63,2% de las camas de UCI catalanas se encontraban en el área metropolitana de Barcelona y 5 hospitales con mayor capacidad concentraban el 54,4% del total de camas de UCI.

El SEM centraliza y coordina todos los traslados interhospitalarios desde un único CeCoS localizado en Hospitalet del Llobregat (Barcelona). Cuenta con una mesa de traslado interhospitalario (TIH) compuesta por técnicos, enfermería y un médico, en la que se recibe la demanda de traslado del centro emisor y se busca el mejor centro receptor disponible en función de los requerimientos y la prioridad de cada paciente. Durante la pandemia esta mesa se reforzó con más personal para atender la demanda creciente y se incorporó la figura del médico especializado en atención al paciente crítico, con el objetivo de coordinar al equipo y dar soporte a los clínicos de los hospitales que lo solicitaban. Los traslados interhospitalarios los realizaban unidades de soporte vital avanzado (SVA) del SEM que consistían en unidades formadas por un técnico sanitario y un enfermero o por un técnico, un enfermero y un médico. Durante algunas fases de la pandemia se utilizaron exclusivamente para traslados de pacientes COVID-19 graves hasta 8 unidades de SVA del SEM, que habitualmente compaginan la asistencia de emergencias prehospitalarias con la realización de traslados interhospitalarios de pacientes críticos.

Pacientes y recogida de variables

Se incluyeron de forma consecutiva a todos los pacientes con infección por COVID-19 con criterios de gravedad gestionados por la mesa de TIH a demanda del hospital emisor y que por su situación clínica requerían traslado a otro hospital mediante una unidad de SVA. Se excluyeron aquellos pacientes que presentaban un test positivo para COVID-19 y que fueron trasladados por una enfermedad no respiratoria. Se consideraron criterios de gravedad la insuficiencia respiratoria con necesidad de oxigenoterapia de alto flujo o soporte ventilatorio (invasivo o no invasivo), una situación de *shock* mantenido o fallo de órganos diana. El periodo de reclutamiento para la validación interna de la escala fue del 27 de febrero al 31 de abril del 2020. Para la validación externa, el periodo fue el comprendido entre el 1 de octubre y el 15 diciembre del 2020.

Se recogieron las siguientes variables: dos demográficas (edad y sexo); 7 referidas a antecedentes personales (hipertensión, diabetes, obesidad definida por un índice de masa corporal > 30, tabaquismo, antecedentes de patología respiratoria crónica que incluían enfermedad pulmonar obstructiva crónica –EPOC– GOLD A-B, asma o

síndrome de apnea obstructiva del sueño); presencia de comorbilidades graves que incluían EPOC GOLD C-D, fibrosis pulmonar, ictus con déficit neurológico residual, insuficiencia cardiaca crónica con NYHA –New York Heart Association– III-IV, enfermedades neurodegenerativas, cáncer activo, cirrosis hepática Child B-C; situación basal con la escala Clinical Frailty Scale –CFS–; duración de los síntomas; antecedente de contacto con el sistema de salud en los 7 días previos al ingreso; tipo de oxigenoterapia y soporte ventilatorio; 5 variables del episodio agudo en el momento del contacto para el traslado (PAO₂/FIO₂ ratio, necesidad de pronación, acidosis o *shock*, lactato > 3 mmol/L e insuficiencia renal aguda); y 2 estructurales (UCI en el hospital de origen y ubicación del paciente en el hospital emisor). Las variables se recogieron en el momento del contacto telefónico con el personal médico del hospital emisor.

La variable de resultado primario fue un evento crítico definido como muerte por cualquier causa durante el ingreso hospitalario. Para su obtención, se realizó el seguimiento hasta el evento o alta del paciente mediante acceso a la historia clínica digitalizada. Se recogieron las mismas variables en los dos periodos de estudio. En el primero se utilizaron como ayuda para establecer la prioridad de cada paciente. En el segundo se aplicó el modelo predictivo a disposición del personal de la mesa de TIH, mediante el acceso a una web en línea¹⁶.

Desarrollo del modelo predictivo (cohorte de validación interna)

Las variables cualitativas fueron descritas mediante número de casos y porcentajes. Las cuantitativas con la media y la desviación estándar (DE), si seguían una distribución normal, que se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, o con la mediana y el rango intercuartil (RIC), en caso contrario. El análisis de la distribución de las variables cualitativas se realizó con el test de ji-cuadrado o test exacto de Fisher según correspondiera, y el de las cuantitativas se realizó mediante el test de t de Student o la prueba U de Mann-Whitney.

Para determinar el modelo predictivo de las variables asociadas a la mortalidad se utilizó la técnica de remuestreo (*bootstrapping*), para poder cuantificar el optimismo del modelo de predicción final. El tratamiento de los valores perdidos se realizó utilizando técnicas de imputación múltiple. Se crearon 500 réplicas de *bootstrap* con reemplazo. En el modelo final se incluyeron las variables que habían sido automáticamente seleccionadas en al menos el 70% de las muestras *bootstrap*. Las variables que habían sido seleccionadas entre el 40% y 70% de las muestras, se analizaron individualmente y se incluyeron en el modelo si el valor de p bilateral era < 0,05. Posteriormente, para reflejar el peso de cada variable, se realizó un modelo de regresión logística y se calcularon la *odds ratio* (OR) con su intervalo de confianza (IC) del 95%, crudas y ajustadas por las diferencias significativas entre ambos grupos encontradas en el estudio univariable. En el modelo final cada variable se ordenó en categorías para facilitar su uso y

su ponderación en la construcción del nomograma. En este se representan las puntuaciones obtenidas para las diferentes variables predictoras del modelo, lo cual permite el cálculo de la probabilidad predicha de muerte. El rendimiento general del modelo se evaluó con la puntuación de Brier; la capacidad discriminativa (capacidad del modelo para distinguir entre los individuos que experimentan el evento de interés y los que no) mediante el área bajo la curva (ABC) y la calibración (concordancia entre el riesgo previsto y observado) mediante la pendiente y gráfica de calibración. Se definieron 3 grupos de riesgo (bajo, intermedio y alto) en función de la optimización de los puntos de corte calculados para las probabilidades predichas.

Cohorte de validación externa

Para la validación externa de la escala se comparó la capacidad de discriminación y la calibración entre ambas cohortes. Se comparó la sensibilidad, la especificidad, el ABC con la prueba de Delong y la pendiente de la curva de calibración. También se comparó la probabilidad predicha, puntuación e incidencia de mortalidad de las 2 cohortes, según los grupos de riesgo. En todas las comparaciones, se aceptó que las diferencias eran estadísticamente significativas si el valor de p bilateral era inferior a 0,05, o si el IC 95% de la OR excluía el valor 1. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 24.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, EE. UU) y el programa R Studio.

Resultados

Durante el periodo de estudio se gestionaron 6.908 TIH. Durante el periodo de validación interna se trasladaron 699 pacientes diagnosticados de COVID-19 y 690 durante el periodo de validación externa. Finalmente se trasladaron 450 pacientes afectados por COVID-19 grave mediante una unidad de SVA en cada periodo de estudio (Figura 1).

Cohorte de validación interna

Las características de esta cohorte se muestran en la Tabla 1. Los pacientes tenían una edad media de 60,1 años (DE 12,3) y el 69,1% eran varones. El hospital de origen en 129 casos (28,7%) contaba con una UCI y 314 pacientes (69,8%) provinieron de un servicio de urgencias. La duración media de la estancia en el hospital emisor previo al traslado fue de 3,5 días (DE 2,7) sin hallarse diferencias entre vivos y muertos [3,8 (DE 2,6) vs 3,2 (DE 2,9); p = 0,284]. El 85,3% del total de los pacientes necesitaron ventilación mecánica invasiva (VMI) e intubación orotraqueal en el hospital emisor. La mediana del tiempo medio de traslado de los pacientes fue de 1,6 horas (RIC 1,2-2,7).

El modelo predictivo final mostrado en la Tabla 2 presentó las siguientes OR ajustadas: la edad (por año de incremento) 1,06 (IC 95%: 1,04-1,09; p < 0,001),

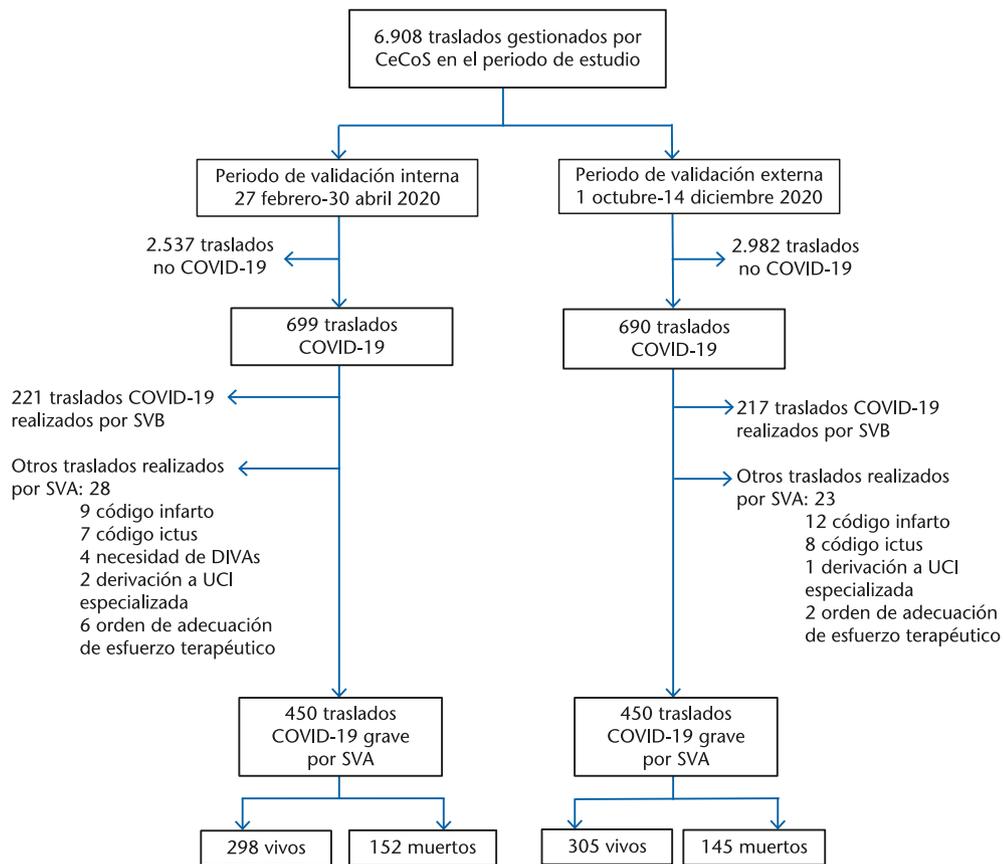


Figura 1. Diagrama de flujo de los pacientes incluidos durante el periodo de estudio.

*CeCos: centro de coordinación sanitaria. **SVB: soporte vital básico. ***SVA: soporte vital avanzado (incluye soporte vital avanzado médico y soporte vital avanzado enfermero).

SVB: soporte vital básico; SVA: soporte vital avanzado; DIVA: angiografía digital intravenosa de sustracción; UCI: unidad de cuidados intensivos.

comorbilidades 2,08 (IC 95%: 1,12-3,87; $p = 0,021$), necesidad de pronación 4,27 (IC 95%: 2,59-7,02; $p = 0,001$), insuficiencia renal aguda 2,08 (IC 95%: 1,21-3,57; $p = 0,008$), utilización de alto flujo nasal previo a VMI 0,26 (IC 95%: 0,13-0,55; $p < 0,001$), tabaquismo activo 3,08 (IC 95%: 1,07-8,87; $p = 0,038$) y un valor de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 50$ 1,99 (IC 95%: 0,78-5,04; $p = 0,148$). El modelo mostró un buen rendimiento general (Brier = 0,172) y consistencia en la discriminación y calibración presentando una ABC de 0,81 (IC 95%: 0,75-0,84) y una pendiente de la curva de calibración de 0,92 (IC 95%: 0,91-0,93).

La Figura 2 muestra el detalle de la puntuación de cada variable, el normograma analógico construido y la relación entre su puntuación y la probabilidad de muerte. Se crearon tres grupos de riesgo: riesgo bajo (< 100 puntos), intermedio (entre 100 y 130 puntos) y alto (> 130 puntos). El número de pacientes que incluyó cada grupo fue, de 118 (27,5%) para el riesgo bajo, 151 (35,0%) para el riesgo intermedio y 161 (37,5%) para el riesgo alto y la mortalidad observada para cada grupo fue del 8,0%, 39,6% y 69,6% respectivamente. Para realizar el cálculo predictivo de la mortalidad una calculadora en línea está disponible en la web¹⁶.

Cohorte de validación externa

En la Tabla 1 se muestran las características de la cohorte de validación externa y su comparativa con la cohorte validación interna. En la cohorte de la validación externa se observó un mayor porcentaje de pacientes con tabaquismo activo, antecedentes respiratorios y con mayor puntuación en la escala CFS. Hubo una menor proporción de pacientes que requirieron VMI, pero se halló un mayor porcentaje de pacientes con acidosis o *shock* y con insuficiencia renal aguda.

A pesar de estas diferencias observadas, la mortalidad durante el ingreso hospitalario fue similar en ambos grupos [152 (33,8%) vs 145 (32,2%); $p = 0,67$]. La mediana de días previos al evento crítico fue 9 (RIC 5-19).

La Figura 3 muestra la comparativa de la aplicación del modelo predictivo en ambas cohortes. En la cohorte de validación interna la sensibilidad fue de 0,79 (IC 95%: 0,77-0,81) y la especificidad de 0,69 (IC 95%: 0,68-0,71) con una ABC de 0,81 (IC 95%: 0,75-0,84). En la cohorte de validación externa se halló una sensibilidad de 0,82 (IC 95%: 0,81-0,83) una especificidad de 0,70 (IC 95%: 0,69-0,71) con una ABC de 0,85 (IC 95%: 0,81-0,89). No se hallaron diferencias significati-

Tabla 1. Características clínico-epidemiológicas y variables de gravedad de los pacientes incluidos en la cohorte de validación interna y de validación externa de la escala TIHCOVID

	Cohorte Validación interna (n = 450)						Cohorte Validación externa (n = 450) †					
	Total n (%)	Valores perdidos n (%)	Vivos N = 298 n (%)	Muertos N = 152 n (%)	Odds Ratio (IC 95%)	Valor de p	Total n (%)	Valores perdidos n (%)	Vivos N = 305 n (%)	Muertos N = 145 n (%)	Odds Ratio (IC 95%)	Valor de p
Variables epidemiológicas												
Edad (años) [media (DE)]	60,1 (12,3)	0 (0,0)	57,5 (12,5)	65,3 (10,2)	NA	<0,001	59,8 (13,1)	0 (0,0)	56,3 (14,3)	67,1 (9,5)	NA	<0,001
Sexo masculino	311 (69,1)	0 (0,0)	203 (68,1)	108 (71,1)	1,04 (0,92-1,19)	0,597	329 (73,1)	0 (0,0)	213 (69,8)	116 (80,0)	1,14 (1,03-1,29)	0,023
Antecedentes personales												
Hipertensión arterial	229 (51,2)	3 (0,7)	132 (44,7)	97 (63,8)	1,43 (1,20-1,70)	<0,001	237 (52,9)	2 (0,4)	152 (50,2)	85 (58,6)	1,43 (0,97-2,13)	0,072
Diabetes	113 (25,2)	3 (0,7)	71 (24,1)	42 (27,6)	1,13 (0,85-1,50)	0,480	124 (27,7)	3 (0,7)	79 (26,1)	45 (31,3)	1,29 (0,83-1,98)	0,255
Obesidad (IMC \geq 30 kg/m ²)	116 (26,0)	4 (0,8)	69 (23,3)	47 (31,3)	1,50 (0,97-2,32)	0,069	104 (23,3)	4 (0,8)	70 (23,2)	34 (23,6)	1,03 (0,64-1,65)	0,907
Historia de tabaquismo												
Nunca	296 (66,4)	4 (0,8)	210 (71,2)	86 (57,0)	Referencia	0,011	295 (66,0)	3 (0,7)	216 (71,4)	79 (54,9)	Referencia	0,003
Fumador activo	22 (4,9)		12 (4,1)	10 (6,6)	2,03 (1,20-4,88)	0,006	43 (9,6)		25 (8,2)	18 (12,5)	1,96 (1,02-3,79)	0,045
Exfumador	128 (28,7)		73 (24,7)	55 (36,4)	1,84 (0,85-2,83)	0,112	109 (24,6)		62 (20,4)	47 (32,6)	2,07 (1,30-3,26)	0,002
Antecedentes respiratorios*	90 (20,1)	2 (0,4)	52 (17,6)	38 (25,0)	1,43 (0,98-2,06)	0,083	123 (27,5)	3 (0,7)	76 (25,1)	47 (32,6)	1,30 (0,96-1,76)	0,095
Comorbilidades graves***	81 (18,0)	0 (0,0)	36 (12,1)	45 (29,6)	2,45 (1,66-3,63)	<0,001	100 (22,6)	7 (1,5)	43 (14,3)	57 (39,9)	2,78 (1,98-3,92)	<0,001
Clinical Frailty Scale (CFS)												
1	75 (16,7)	0 (0,0)	65 (21,8)	10 (6,6)	Referencia	<0,001	61 (13,6)	0 (0,0)	48 (15,7)	13 (9,0)	Referencia	<0,001
2	209 (46,4)	0 (0,0)	150 (50,3)	59 (38,7)	2,56 (1,23-5,32)	0,012	197 (43,7)		149 (48,9)	48 (33,1)	2,79 (1,04-5,48)	0,008
3	147 (32,7)	0 (0,0)	77 (25,8)	70 (46,1)	5,92 (2,81-12,34)	<0,001	169 (37,6)		99 (32,5)	70 (48,2)	4,80 (2,35-11,77)	<0,001
\geq 4	19 (4,2)	0 (0,0)	7 (2,0)	13 (8,6)	14,08 (4,32-45,45)	<0,001	23 (5,1)		9 (2,9)	14 (9,7)	13,02 (4,46-39,81)	<0,001
Duración de síntomas (días), media (DE)	7,9 (6,6)	0 (0,0)	7,3 (5,8)	9,1 (5,4)	NA	0,192	6,6 (6,1)	23 (5,1)	7,2 (5,7)	5,3 (7,3)	NA	0,096
Contacto con el sistema en los 7 días previos	135 (30,1)	1 (0,2)	87 (29,3)	48 (31,6)	1,08 (0,80-1,44)	0,696	112 (26,6)	29 (6,4)	74 (25,8)	38 (28,1)	1,12 (0,68-1,41)	0,624
Tipo de oxigenoterapia y soporte ventilatorio												
Sin necesidad de VMI	66 (14,7)	0 (0,0)	55 (18,5)	11 (7,8)	Referencia	0,552	157 (34,9)	0 (0,0)	135 (44,3)	22 (15,2)	Referencia	0,065
Solo mascarilla de oxígeno	21 (4,7)		17 (5,7)	4 (2,6)	0,41 (0,07 a 2,48)	0,328	22 (4,9)		17 (5,6)	5 (3,4)	0,13 (0,02-0,71)	0,019
Terapia de AFN	23 (5,1)		21 (7,0)	2 (1,3)	1,55 (0,32 a 7,50)	0,589	24 (5,3)		18 (5,9)	6 (4,1)	1,13 (0,29-4,41)	0,857
VNI	15 (3,3)		11 (3,7)	4 (2,6)	0,71 (0,07 a 7,76)	0,776	55 (12,3)		46 (15,1)	9 (6,2)	0,67 (0,19-2,27)	0,515
Tanto AFN como VNI	7 (1,6)		6 (2,0)	1 (0,7)	Referencia	<0,001	23 (5,1)	0 (0,0)	170	123	Referencia	0,107
Necesidad de VMI	384 (85,3)	0 (0,0)	243 (81,5)	141 (92,8)	2,50 (1,33-4,72)	<0,001	293 (65,1)		74 (24,3)	39 (26,9)	2,18 (1,07-4,46)	<0,001
Mascarilla de oxígeno previa	233 (51,8)		138 (46,3)	95 (62,5)	0,25 (0,13 a 0,51)	<0,001	69 (15,3)		41 (13,4)	28 (19,3)	1,29 (0,70-2,40)	0,411
Terapia previa con AFN	74 (16,4)		63 (21,1)	11 (7,2)	1,33 (0,77 a 2,29)	0,308	68 (15,1)		35 (11,5)	33 (22,8)	1,79 (0,97-3,31)	0,063
Terapia previa con VNI	67 (14,9)		35 (11,7)	32 (21,1)	0,62 (0,16 a 2,47)	0,500	43 (9,6)		20 (6,6)	23 (15,9)	2,18 (1,07-4,46)	0,001
Tanto AFN como VNI previa	10 (2,2)		7 (2,3)	3 (2,0)	Referencia	0,097	124,2 (59,5)	8 (1,6)	132,5 (61,5)	106,9 (51,1)	NA	<0,001
Variables del episodio agudo en el momento de contacto con SEM												
PAO ₂ /FIO ₂ ratio [media (DE)]	113,2 (55,1)	4 (0,8)	116,9 (58,3)	105,8 (47,5)	2,09 (1,36-5,04)	0,034	124,2 (59,5)	8 (1,6)	132,5 (61,5)	106,9 (51,1)	NA	<0,001
PAO ₂ /FIO ₂ < 50	22 (4,9)	4 (0,8)	10 (3,4)	12 (7,9)	1,70 (1,44-2,01)	<0,001	3 (0,7)		3 (2,1)	0 (0,0)	NA	0,009
Necesidad de pronación	230 (51,9)	7 (1,5)	123 (42,0)	107 (71,3)	2,02 (1,30-3,13)	0,002	189 (42,3)	3 (0,7)	83 (27,4)	106 (73,1)	2,68 (2,17-3,30)	<0,001
Acidosis o shock	67 (14,9)	0 (0,0)	33 (11,1)	34 (22,4)	1,93 (1,12-3,49)	0,016	140 (31,3)	3 (0,7)	69 (22,8)	71 (48,9)	2,47 (2,11-3,36)	<0,001
Lactato > 3 mmol/L	55 (12,2)	0 (0,0)	27 (9,1)	28 (18,4)	2,64 (1,90-3,67)	<0,001	113 (26,3)	21 (4,7)	61 (21,0)	52 (37,4)	2,24 (1,44-3,50)	<0,001
Insuficiencia renal aguda	108 (24,0)	0 (0,0)	46 (15,4)	62 (40,8)	2,64 (1,90-3,67)	<0,001	143 (31,8)	0 (0,0)	59 (19,3)	84 (57,9)	2,99 (2,29-3,92)	<0,001
Variables secundarias												
Hospital emisor con UCI	129 (28,7)	0 (0,0)	91 (30,5)	38 (25,0)	0,82 (0,59-1,13)	0,263	133 (29,6)	0 (0,0)	79 (25,9)	54 (37,2)	1,44 (1,08-1,91)	0,014
Lugar del paciente												
UCI	57 (12,7)	0 (0,0)	40 (13,4)	17 (11,2)	Referencia	0,434	33 (7,3)		20 (6,6)	13 (9,0)	Referencia	0,303
Servicio de urgencias	314 (69,8)		202 (67,8)	112 (73,7)	1,04 (0,49 a 2,18)	0,395	353 (78,4)		245 (80,9)	108 (74,5)	0,68 (0,33-1,41)	0,300
Unidad de semicríticos	79 (17,6)		56 (18,8)	23 (15,1)	0,77 (0,42 a 1,41)	0,980	62 (13,8)		38 (12,5)	24 (16,6)	0,97 (0,41-2,31)	0,227

*Valor p para la comparación de la cohorte de validación interna con la externa.

**Los antecedentes respiratorios se definen por EPOC GOLD A-B, asma y síndrome de apnea obstructiva del sueño.

***La presencia de comorbilidades graves se define por: EPOC GOLD C-D, fibrosis pulmonar, ictus con déficit neurológico residual, insuficiencia cardiaca New York Association Class III-IV, enfermedades neurodegenerativas, cáncer activo, cirrosis hepática Child B-C.

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; VMI: ventilación mecánica invasiva; AFN: alto flujo nasal; VNI: ventilación no invasiva; UCI: unidad de cuidados intensivos; NA: no aplicable.

Tabla 2. Modelo predictivo final de las variables asociadas con el evento crítico

Variables	OR	IC 95%	Valor p
Edad (por año de incremento)	1,06	1,04-1,09	< 0,001
Comorbilidad	2,08	1,12-3,87	0,021
Necesidad de pronación	4,27	2,59-7,02	0,001
Insuficiencia renal aguda	2,08	1,21-3,57	0,008
Utilización AFN previo a VMI	0,26	0,13-0,55	< 0,001
Tabaquismo activo	3,08	1,07-8,87	0,038
PaO ₂ /FiO ₂ < 50	1,99	0,78-5,04	0,148

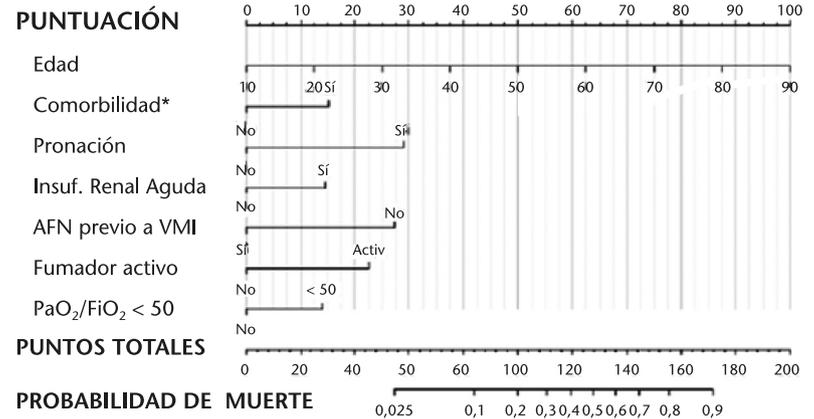
OR: odds ratio; IC: intervalo de confianza; AFN: alto flujo nasal; VMI: ventilación mecánica invasiva.

vas en la capacidad de discriminación (DeLong Test $p = 0,121$) ni en la pendiente de la curva de calibración entre las dos cohortes de validación [0,92 (IC 95%: 0,89-0,95) vs 1,12 (IC 95%: 0,6-1,17); $p = 0,15$].

2a

Edad	Puntos
10	0
20	12
30	25
40	38
50	50
60	62
70	75
80	88
90	100
Comorbilidades*	Puntos
No	0
Sí	15
PAO ₂ /FIO ₂ <50%	Puntos
No	0
Sí	14
Tabaquismo	Puntos
No/Exfumador	0
Fumador activo	29
IRA	Puntos
No	0
Sí	23
AFN	Puntos
No	27
Sí	0

2b



2c

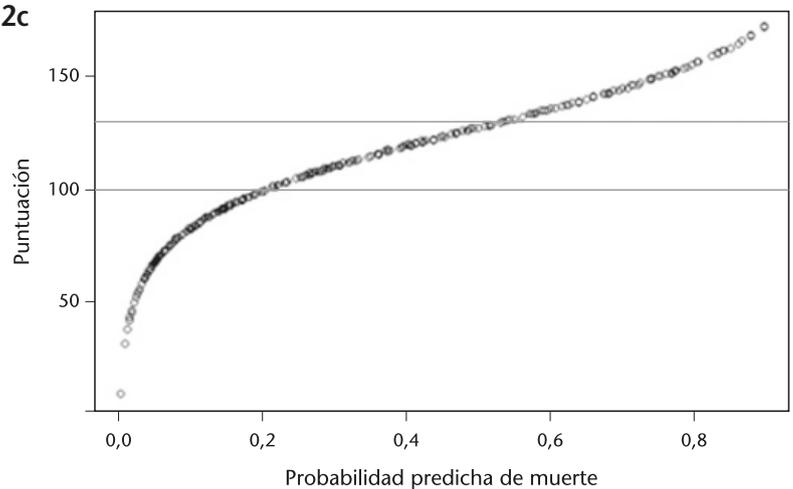


Figura 2. Puntuación de las variables, normograma y probabilidad de muerte. Fig. 2a. Detalle de la puntuación de cada variable de la escala TIHCOVID-19 del modelo predictivo. Fig. 2b. Normograma analógico para el cálculo de la probabilidad predicha de muerte. Fig. 2c Relación de la probabilidad predicha de muerte según puntuación de riesgo obtenida: riesgo bajo (< 100 puntos), intermedio (entre 100 y 130 puntos) y alto (> 130 puntos).

*La presencia de comorbilidades viene definida por: EPOC GOLD III-IV, ictus con clínica residual, insuficiencia cardiaca New York Association Class > II, enfermedades neurodegenerativas, neoplasia activa, cirrosis hepática Child B-C. IRA: presencia de insuficiencia renal aguda; AFN: uso de alto flujo nasal.

Discusión

Este estudio prospectivo ha desarrollado, y validado después, una sencilla escala de riesgo compuesta de 7 variables con una buena capacidad predictiva de eventos críticos para pacientes con COVID-19 grave que precisan TIH.

No podemos comparar la escala TIHCOVID con otras similares, dada su especificidad para valorar el TIH de un paciente COVID-19 grave. Es verdad que se han desarrollado otras escalas específicas para pacientes con COVID-19 basadas en modelos predictivos de deterioro clínico y de mortalidad. El 4C Deterioration Model, disponible en línea en la web¹⁷, se realizó en base a una cohorte prospectiva de pacientes COVID-19 de Gran Bretaña al ingreso hospitalario, incluyó 11 variables y obtuvo una discriminación y calibración similares al pre-

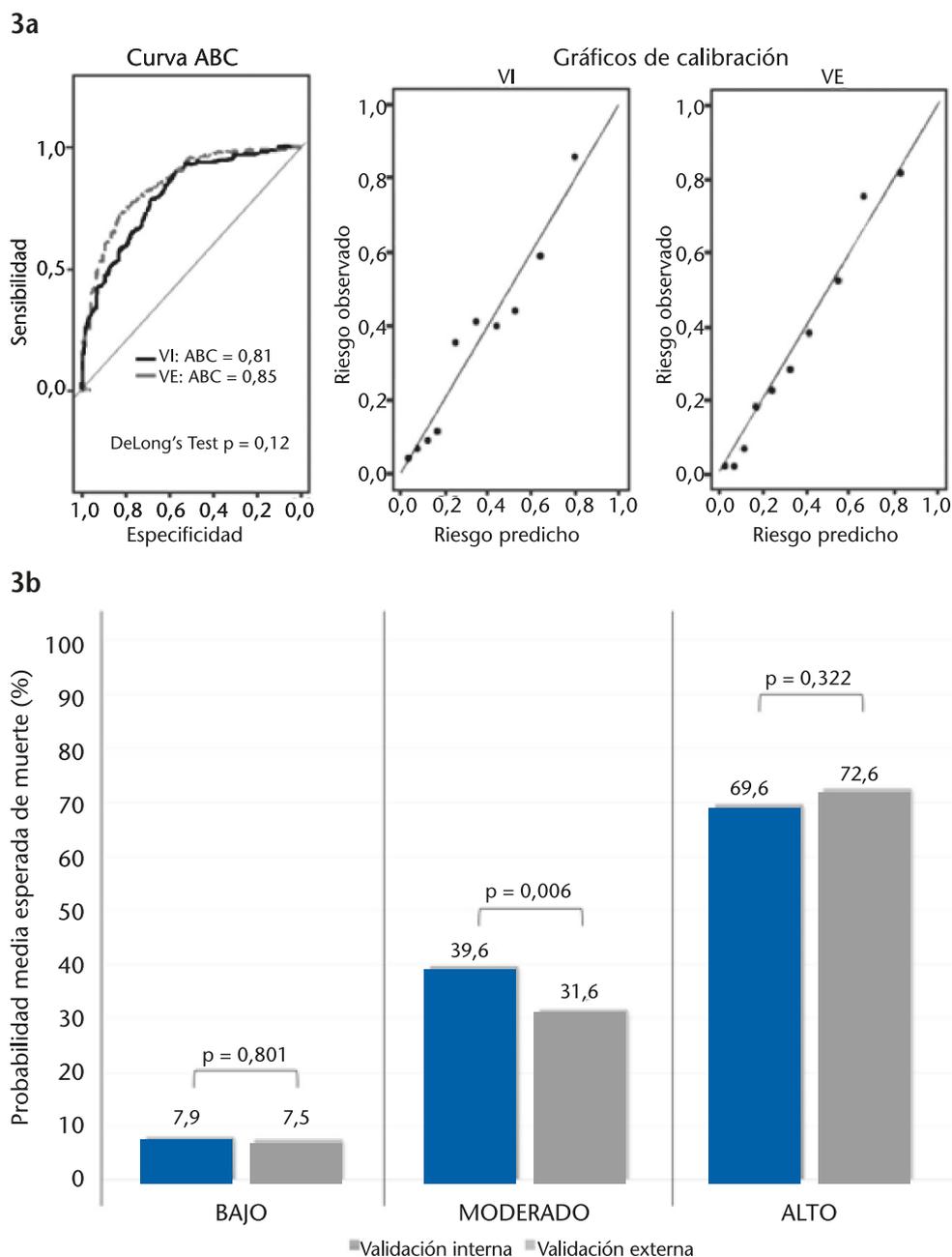


Figura 3. Comparativa de la aplicación de la escala TIHCOVID-19 en la cohorte de validación interna (VI) y validación externa (VE). Fig. 3a. Gráfico comparativo del área bajo la curva (ABC) y de la calibración. Fig. 3b. Gráfico comparativo de la probabilidad media esperada de muerte según grupo de riesgo.

sente modelo⁹. Otro grupo diseñó una calculadora disponible en línea en la web como herramienta de triaje al ingreso hospitalario para identificar los pacientes en riesgo de presentar un evento crítico. Se basó en una cohorte retrospectiva china y tras un análisis basado en algoritmos de aprendizaje automático (*deep Learning*) incluyó 10 variables en su modelo predictivo que obtuvo una discriminación algo superior al presente⁸.

En una comparativa de varias escalas utilizadas para la valoración del paciente grave, la escala NEWS aplicada al ingreso en urgencias fue la mejor predicto-

ra de ingreso en UCI a los 7 días y la escala REMS la mejor para predecir muerte a los 7 días¹¹. Se han comunicado datos a favor del mejor rendimiento de las escalas específicas para pacientes COVID-19 en comparación con otras escalas de uso habitual como NEWS2, MEWS, REMS y CURB-65^{9,18}.

La escala TIHCOVID se ha desarrollado en base a una cohorte de pacientes graves, sus variables predictoras se han incluido también en modelos predictivos de mortalidad de pacientes ingresados en UCI^{19,20}. Pero el menor número de variables y el menor peso de los

marcadores de riesgo analíticos aumenta la agilidad y aplicabilidad de esta escala desde el primer contacto entre el centro emisor y el CeCoS. La edad es el ítem con más peso en la puntuación final, y es una de las variables con mayor evidencia de mala evolución^{21,22}. Lo mismo sucede con la presencia de tabaquismo activo, también introducido en la herramienta de cálculo, el cual está ampliamente relacionado con peores datos evolutivos²³. La necesidad de pronación y la PAFI < 50 han sido dos variables relacionadas con peor pronóstico y reflejan una elevada necesidad de oxigenoterapia^{19,21}.

Una de las utilidades de la escala TIHCOVID es su capacidad para identificar los grupos de mayor y menor riesgo, lo que tiene implicaciones en la decisión del recurso más adecuado para realizar el traslado. Un CeCoS que centralice las llamadas de urgencias es útil para monitorizar las llamadas de la población y es de ayuda para la toma de decisiones de las autoridades sanitarias durante la pandemia^{24,25}. Igualmente, la centralización de la demanda de TIH en un centro de coordinación regional podría dar señales a tiempo real de la sobrecarga del sistema sanitario. Respecto a líneas futuras de investigación la escala TIHCOVID, podría ser aplicable también en todos aquellos picos de incidencia epidémicos de enfermedad respiratoria en los que se produce sobrecarga del sistema sanitario. Los tiempos de traslado descritos en este estudio son relativamente largos teniendo en cuenta el tamaño de la región estudiada. El análisis de la influencia de la escala TIHCOVID en los tiempos de traslado totales y el análisis del flujo y distribución de pacientes críticos coordinados desde un centro regional centralizado como si se tratara de una "UCI única" merecerían estudios en el futuro.

Ya se ha descrito que el TIH del paciente crítico no se asocia a un aumento de eventos adversos cuando lo realizan equipos entrenados y especializados^{26,27}. La mortalidad de esta serie es comparable a la de series largas de pacientes ingresados en UCI, tanto nacionales como internacionales^{19,28}.

Respecto a las limitaciones, este estudio tan solo se ha realizado en un único CeCos. El sistema de validación realizado podría considerarse externo, ya que la cohorte de desarrollo del modelo y la cohorte de validación recogidas prospectivamente se encuentran separadas temporalmente¹³. Sin embargo, una validación externa geográfica y amplia con otros centros coordinadores sería deseable por lo que se ha iniciado una colaboración con sistemas de emergencias de otras regiones. No se puede descartar un sesgo en la recogida de datos, ya que estos se obtenían de manera telefónica en el momento del primer contacto entre el centro emisor y el CeCos.

En conclusión, la escala TIHCOVID predice con éxito un evento crítico en los pacientes afectados de COVID-19 grave que precisan traslado a otro hospital y puede ser de ayuda en la toma de decisiones para el triaje y la priorización del traslado en situaciones de desproporción entre la demanda y los recursos disponibles en el sistema sanitario.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés en relación al presente artículo.

Financiación: Los autores declaran la no existencia de financiación en relación al presente artículo.

Responsabilidades éticas: Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los pacientes en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS. El diseño del estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica de l'Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili (107/2020).

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares.

Agradecimientos: Queremos realizar un agradecimiento especial a todo el personal técnico, de enfermería y médico del Sistema d'Emergències Mèdiques de Catalunya que ha trabajado en la mesa de gestión de traslados interhospitalarios y en la realización de los traslados interhospitalarios durante la pandemia COVID-19. Gracias a Mónica Moya y al equipo de TIH RINVE-MER por el apoyo y su ayuda para realizar este trabajo.

Bibliografía

- White DB, Lo B. A Framework for Rationing Ventilators and Critical Care Beds During the COVID-19 Pandemic. *JAMA*. 2020;323:1773.
- Nunez-Villaveiran T, González-Castro A, Nevado-Losada E, García-de-Lorenzo A, Garro P. All for One and One for All: Voluntary Physicians in the Intensive Medicine Units During the COVID-19 Outbreak in Spain. *Disaster Med Public Health Prep*. 2020;1-7.
- Miller IF, Becker AD, Grenfell BT, Metcalf CJE. Disease and healthcare burden of COVID-19 in the United States. *Nat Med*. 2020;26:1212-7.
- Bravata DM, Perkins AJ, Myers LJ, Arling G, Zhang Y, Zillich AJ, et al. Association of Intensive Care Unit Patient Load and Demand With Mortality Rates in US Department of Veterans Affairs Hospitals During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Netw Open*. 2021;4:e2034266.
- Emanuel EJ, Persad G, Upshur R, Thome B, Parker M, Glickman A, et al. Fair Allocation of Scarce Medical Resources in the Time of Covid-19. *N Engl J Med*. 2020;382:2049-55.
- Arabi YM, Azoulay E, Al-Dorzi HM, Phua J, Salluh J, Binnie A, et al. How the COVID-19 pandemic will change the future of critical care. *Intensive Care Med*. 2021;47:282-91.
- González del Castillo J. Claves en la interpretación de los modelos pronóstico en el paciente con COVID-19. *Emergencias*. 2021;33:251-3.
- Liang W, Yao J, Chen A, Lv Q, Zanin M, Liu J, et al. Early triage of critically ill COVID-19 patients using deep learning. *Nat Commun*. 2020;11:3543.
- Gupta RK, Harrison EM, Ho A, Docherty AB, Knight SR, van Smeden M, et al. Development and validation of the ISARIC 4C Deterioration model for adults hospitalised with COVID-19: a prospective cohort study. *The Lancet Respir Med*. 2021;9:349-59.
- Zhou Y, He Y, Yang H, Yu H, Wang T, Chen Z, et al. Development and validation a nomogram for predicting the risk of severe COVID-19: A multi-center study in Sichuan, China. *Taniyama Y, editor. PLoS ONE*. 2020;15:e0233328.
- Covino M, Sandroni C, Santoro M, Sabia L, Simeoni B, Bocci MG, et al. Predicting intensive care unit admission and death for COVID-19 patients in the emergency department using early warning scores. *Resuscitation*. 2020;156:84-91.
- Martín-Rodríguez F, Sanz-García A, Iglesias AA, Rabbione GO, Bayón GF, Benito JFD, et al. Modelo de riesgo de mortalidad en pacientes con sospecha de enfermedad por COVID-19 basado en información del centro coordinador de urgencias. *Emergencias*. 2021;33:265-72.
- Collins GS, Reitsma JB, Altman DG, Moons K. Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD Statement. *BMC Med*. 2015;13:1.
- Idescat. Generalitat de Catalunya. Institut de Estadística de Catalunya. (Consultado 20 Junio 2021). Disponible en: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=anuals&n=10328&lang=es&tema=xifpo&t=202000>
- Població àrea metropolitana de Barcelona. (Consultado 20 Junio 2021). Disponible en: <https://www.amb.cat/s/es/web/area-metropolitana/coneixer-l-àrea-metropolitana/poblacio.html>
- Sistema d'Emergències Mèdiques de Catalunya. Predicció de la probabilitat de mort: SEM. (Consultado 20 Junio 2021). Disponible en: https://sem-apps.shinyapps.io/SEM_COVID_App/
- Harrisson, EM. 4C Mortality Score for COVID-19. (Consultado 20 Junio 2021). Disponible en: <https://www.mdcalc.com/4c-mortality-score-covid-19#why-use>
- Ryan L, Lam C, Mataraso S, Allen A, Green-Saxena A, Pellegrini E, et

- al. Mortality prediction model for the triage of COVID-19, pneumonia, and mechanically ventilated ICU patients: A retrospective study. *Ann Med Surg.* 2020;59:207-16.
- 19 COVID-ICU Group on behalf of the REVA Network and the COVID-ICU Investigators. Clinical characteristics and day-90 outcomes of 4244 critically ill adults with COVID-19: a prospective cohort study. *Intensive Care Med.* 2021;47:60-73.
- 20 Ghayda RA, Lee J, Lee JY, Kim DK, Lee KH, Hong SH, et al. Correlations of Clinical and Laboratory Characteristics of COVID-19: A Systematic Review and Meta-Analysis. *IJERPH.* 2020;17:5026.
- 21 Ferrando C, Mellado-Artigas R, Gea A, Arruti E, Aldecoa C, Bordell A, et al. Características, evolución clínica y factores asociados a la mortalidad en UCI de los pacientes críticos infectados por SARS-CoV-2 en España: estudio prospectivo, de cohorte y multicéntrico. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2020;67:425-37.
- 22 Bonanad C, García-Blas S, Tarazona-Santabalbina F, Sanchis J, Bertomeu-González V, Fácila L, et al. The Effect of Age on Mortality in Patients With COVID-19: A Meta-Analysis With 611,583 Subjects. *J Am Med Dir Assoc.* 2020;21:915-8.
- 23 Alharthy A, Aletreby W, Faqih F, Balhamar A, Alaklobi F, Alanezi K, et al. Clinical Characteristics and Predictors of 28-Day Mortality in 352 Critically Ill Patients with COVID-19: A Retrospective Study. *JEGH.* 2020;11:98.
- 24 Semeraro F, Gamberini L, Tartaglione M, Mora F, Dell'Arciprete O, Cordenons F, et al. An integrated response to the impact of coronavirus outbreak on the Emergency Medical Services of Emilia Romagna. *Resuscitation.* 2020;151:1-2.
- 25 Glatman-Freedman A, Bromberg M, Ram A, Lutski M, Bassal R, Michalevich O, et al. A COVID-19 call center for healthcare providers: dealing with rapidly evolving health policy guidelines. *Isr J Health Policy Res.* 2020;9:73.
- 26 Wieggersma JS, Droogh JM, Zijlstra JG, Fokkema J, Ligtenberg JJ. Quality of interhospital transport of the critically ill: impact of a Mobile Intensive Care Unit with a specialized retrieval team. *Crit Care.* 2011;15:R75.
- 27 Kim TH, Song KJ, Shin SD, Ro YS, Hong KJ, Park JH. Effect of Specialized Critical Care Transport Unit on Short-Term Mortality of Critically ILL Patients Undergoing Interhospital Transport. *Prehosp Emerg Care.* 2020;24:46-54.
- 28 On behalf of COVID-19 SEMICYUC Working Group, Rodríguez A, Ruiz-Botella M, Martín-Loeches I, Jiménez Herrera M, Solé-Violan J, Gómez V, et al. Deploying unsupervised clustering analysis to derive clinical phenotypes and risk factors associated with mortality risk in 2022 critically ill patients with COVID-19 in Spain. *Crit Care.* 2021;25:63.