

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA PREVER EL RIESGO DE
INTUBACIÓN DIFÍCIL, DIFICULTAD PARA LA VENTILACIÓN CON MÁSCARA
FACIAL O CON DISPOSITIVOS SUPRAGLÓTICOS EN PROCEDIMIENTOS
QUIRÚRGICOS ELECTIVOS O URGENTES

Ricardo Linares Escobar
Pedro Alonso Salamanca García

Universidad El Bosque
Facultad de Medicina
Análisis crítico de la literatura, ingeniería y desarrollo de una aplicación móvil
Bogotá, D. C.
2022

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA PREVER EL RIESGO DE
INTUBACIÓN DIFÍCIL, DIFICULTAD PARA LA VENTILACIÓN CON MÁSCARA
FACIAL O CON DISPOSITIVOS SUPRAGLÓTICOS EN PROCEDIMIENTOS
QUIRÚRGICOS ELECTIVOS O URGENTES

Ricardo Linares Escobar

Pedro Alonso Salamanca García

Trabajo de grado para optar al título de Especialistas en Anestesiología

Tutor investigativo

Dr. Javier Mauricio García Céspedes

Asesor metodológico

Dr. Mario Mendoza Obirne

Ing. Luis Pinilla

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

Análisis crítico de la literatura, ingeniería y desarrollo de una aplicación móvil

Bogotá, D. C.

2022

Aprobación

Director de posgrado

Director de tesis

Bogotá D. C., 4 de octubre de 2022

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes.

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Bogotá, 26 de septiembre de 2022.

En calidad de tutor metodológico, me permito certificar que el proyecto de investigación realizado bajo el nombre *Desarrollo de una aplicación móvil para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes*, realizado por los estudiantes Ricardo Linares Escobar y Pedro Alonso Salamanca García, cumple con los lineamientos metodológicos y teóricos exigidos por la institución para ser aprobado como requisito para optar al título de Especialistas en Anestesiología; por lo tanto, puede presentarse a la Facultad.

Dr. Mario Mendoza Obirne

Ing. Luis Pinilla

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Agradecimientos

Como autores de este trabajo de investigación, queremos agradecerle a cada uno de los miembros de nuestras familias, quienes con su apoyo y dedicación nos han permitido llegar hasta este punto de nuestra carrera profesional. Asimismo, un especial agradecimiento a nuestra alma mater, la Escuela Colombiana de Medicina Universidad El Bosque, y a cada uno de los docentes que durante este camino nos han brindado sus conocimientos y experiencias, siempre con el propósito de hacer de nosotros los mejores galenos.

Tabla de contenido

1	Justificación.....	15
2	Pregunta de investigación.....	16
3	Objetivos	16
3.1	General.....	16
3.2	Específicos	16
4	Aspectos metodológicos.....	16
4.1	Comparación entre aplicaciones de desarrollo de <i>software</i>	17
5	Introducción	20
6	Marco teórico	20
7	Vía aérea superior.....	21
7.1	Faringe	21
7.2	Laringe	21
7.3	Tráquea	22
8	Evaluación de la vía aérea.....	25
9	Intubación difícil	25
9.1	DSG	40
9.2	Máscara laríngea clásica (LMA).....	40
9.3	Intubating laryngeal mask airway (ILMA).....	41
9.4	LMA ProSeal	41
9.5	LMA Supreme	41
9.6	LMA Protector	41
9.7	LMA Gastro.....	42
9.8	Selladores faríngeos con manguito	42
9.9	CET	42
9.10	Técnica de inserción a ciegas y con laringoscopio	42
9.11	EasyTube	42
9.12	VDM	44
10	Aplicaciones móviles.....	47
10.1	Thunkable	48
11	Organigrama	49
12	Cronograma	49
13	Presupuesto	50
14	Resultados.....	51

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

15	Discusión	55
16	Conclusiones.....	56
17	Referencias	56
18	Anexos.....	59

Lista de tablas

Tabla 1.	17
Tabla 2.	18
Tabla 3.	19
Tabla 4. Fracaso en el abordaje de la vía aérea	24
Tabla 5. Predictores de vía aérea difícil	25
Tabla 6. Sensibilidad y especificidad Mallampati, DTM, apertura oral.....	27
Tabla 7. Datos generales de la población de estudio.....	28
Tabla 8. Sensibilidad y especificidad de las distancias	29
Tabla 9. Valores asignados score vía aérea	30
Tabla 10. Score IDS	31
Tabla 11. Rendimiento diagnóstico de algunos predictores de vía aérea difícil	33
Tabla 12. Valores predictivos por grupos.....	34
Tabla 13. Valor pronóstico score vía aérea	35
Tabla 14. VPP de diversos test evaluados	35
Tabla 15. Valor predictivo de test de selección preoperatorios para intubación difícil	37
Tabla 16. Comparación de especificidad, sensibilidad, VPP y VPN de escalas Cormack-Lehane y Mallampati	39
Tabla 17. Predictores de ventilación/inserción difícil con DSG	43
Tabla 18. Escala de Han	45
Tabla 19. Escenarios VDM	46
Tabla 20. Identificación de los factores de riesgo para VDM	46
Tabla 21. Sensibilidad y especificidad para VDM.....	47
Tabla 22.	52

Lista de figuras

Figura 1. Ventilación con máscara facial	23
Figura 2. Ventilación con DSG	23
Figura 3. Intubación traqueal.....	24
Figura 4. Acceso quirúrgico de emergencia	24
Figura 5. Análisis y ejecución de la distribución de los pacientes	26
Figura 6. Relación entre edad y la vía aérea difícil	28
Figura 7. Presencia de la vía aérea difícil según grado de la clasificación Cormack-Lehane	29
Figura 8. Puntuaciones de Mallampati de los pacientes.....	36
Figura 9. Análisis de regresión logística de test de selección preoperatorios para intubación difícil.....	37
Figura 10. Considera que los predictores de vía aérea utilizados predicen de manera integral la dificultad en el manejo de la misma?	53
Figura 11. ¿Encuentra bien desarrollados los protocolos de manejo presentados?.....	53
Figura 12. ¿El uso la aplicación le ayudo en la toma de decisiones sobre el manejo de la vía aérea en algún escenario).....	53
Figura 13. ¿El manejo de la aplicación le resulto sencillo?.....	54
Figura 14. ¿considera que la presentación de la aplicación respecto a su calidad visual es?	54
Figura 15. ¿Los protocolos son fáciles entendibles?	54

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Lista de anexos

Anexo 1. Protocolos para manejo de la vía aérea.....	59
Anexo 2. Visualización de la aplicación	64

Lista de siglas

ASA: Sociedad Americana de Anestesiología

DSG: dispositivo supraglótico

DAS: Sociedad de la Vía Aérea Difícil

IET: intubación endotraqueal

ML: máscara laríngea

DEG: dispositivo extraglótico

PPT: probabilidad postest

VPP: valor predictivo positivo

VPN: valor predictivo negativo

DID: distancia interdental

DTM: distancia tiromentoniana

IMC: índice de masa corporal

TAS: puntuación total de la vía aérea

ULBT: prueba de mordida de labio superior

LR: *likelihood ratio*

VDM: ventilación difícil con máscara

Resumen

En la práctica diaria el personal del área de anestesiología y las unidades de cuidado intensivo – UCI y de servicios de urgencias se ven enfrentados al manejo de la vía aérea de sus pacientes; según las circunstancias, esto implica una mayor dificultad y la necesidad de experticia para garantizar la ventilación y la oxigenación adecuadas. En ocasiones la dificultad para la intubación endotraqueal (IET), la ventilación con máscara facial o la inserción de dispositivos supraglóticos (DSG) pueden ser un reto mayor para el médico, y estas situaciones relacionadas con las características anatómicas puntuales de los pacientes pueden ser mortales si no se tienen en cuenta. La valoración de la vía aérea, entonces, se convierte en el pilar fundamental para prever y desarrollar un plan de acción que minimice los riesgos de dichas alteraciones en el manejo de las situaciones planteadas.

El propósito de esta investigación es el desarrollo de una aplicación móvil que facilite y anticipe el riesgo al enfrentarse a una vía aérea difícil o a problemas para la ventilación con máscara o con DSG. Así, el diseño metodológico está basado en la búsqueda de información actualizada y el desarrollo de protocolos mediante la asesoría de expertos para la realización de una aplicación que ayude al operador a contar con una guía de acceso rápido al manejo de la vía aérea de los pacientes que lo requieran.

Palabras clave

Aplicación móvil (app), máscara facial, intubación endotraqueal, dispositivos supraglóticos, ventilación y oxigenación difíciles.

Abstract

In daily practice, the staff of the anesthesiology area, intensive care units and emergency services face the management of their patients' airway; depending on the circumstances, that implies a greater difficulty and the need for expertise to ensure adequate ventilation and oxygenation. Sometimes the difficulty for endotracheal intubation, ventilation with a facial mask or the insertion of supraglottic devices (DSG) can be a greater challenge for the doctor, since these situations are related to specific anatomical characteristics of patients, which can be fatal if they are not taken into account. The assessment of the airway, then, becomes the fundamental pillar to foresee and develop an action plan that minimizes the risks that such alterations may entail in the management of the situations raised.

The objective of this work is to develop a mobile application that allows to facilitate and anticipate the risk when facing a difficult area route and the difficulty for ventilation with a mask or DSG. Therefore, the methodological design is based on the search for updated information and the development of algorithms through the advice of experts for the realization of an application that allows the operator to have a quick access guide to the management of the airway of patients who require it.

Keywords

Mobile app, face mask, endotracheal intubation, supraglottic devices, difficult ventilation and oxygenation.

1 Problema de estudio

En muchas ocasiones los trabajadores de las unidades de urgencias y de cuidados intensivos y las salas de cirugía –incluidos los especialistas y el personal en formación– se enfrentan al manejo de la vía aérea del paciente, lo que requiere conocimiento claro, sistemático y fácil de reproducir en cuanto a las destrezas técnicas para obtener un resultado satisfactorio. La vía aérea puede representar un desafío y desencadenar eventos catastróficos si no es manipulada adecuadamente, por eso la falta de protocolos ante este escenario constituye un reto para los médicos; así, teniendo en cuenta que el personal del área de la salud se ve cada vez más expuesto a dicha situación, se pretende conocer los predictores de vía aérea con más sensibilidad y especificidad, a fin de prever los riesgos relacionados con el acceso difícil, la ventilación con máscara facial y los DSG.

2 Justificación

En el mundo se reportan problemas para manejar la vía aérea en situaciones específicas: la intubación difícil, con un 12 % de incidencia; la ventilación difícil con máscara (VDM), con un 1,4 %; y la inserción y ventilación con DSG, con un 1,1 %. De estas complicaciones se pueden desencadenar eventos catastróficos como la muerte o el daño cerebral, que se presentan en 1 de cada 180 000 casos y 1 de cada 150 000, respectivamente; esto, debido a la hipoxia y la broncoaspiración, que son los mayores desencadenantes, según el National Audit Project 4 (NAP4). Con la elaboración de protocolos como propuesta metodológica, se busca integrar la información más actualizada y con mayor evidencia bibliográfica con la que actualmente se cuenta para la evaluación y el manejo de la vía aérea en tres momentos específicas: la intubación difícil, la VDM y la inserción o ventilación difícil con DSG. De ese modo, se tiene la posibilidad de contar con protocolos sencillos y aplicables a las tres condiciones.

Esta propuesta involucra la elección de múltiples predictores de vía aérea para la evaluación de la información según el caso, con lo que se busca aprovechar las ventajas que ofrece la tecnología y tener propuestas para el manejo de tal vía. Igualmente, se considera que con esta investigación y la aplicación móvil se puede contribuir a la comunidad médica para que esta cuente con guías de actuación aplicables al medio que estén a la mano, que sean de fácil acceso y que incluyan contenido académico ampliamente respaldado. Así, se genera una herramienta confiable que podría ayudar con la toma de decisiones a la hora de abordar la vía aérea de los pacientes.

3 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los predictores de vía aérea con más sensibilidad y especificidad que permiten, mediante el uso de una aplicación móvil, prever el riesgo de intubación difícil, de ventilación con máscara facial y del uso de DSG?

4 Objetivos

4.1 General

Proponer metodológicamente, mediante el desarrollo de protocolos, una aplicación móvil para evaluar el riesgo de intubación difícil, de ventilación con máscara facial y del uso de DSG.

4.2 Específicos

- Establecer los predictores de vía aérea con más sensibilidad y especificidad que permitan prever de manera más acertada la dificultad en el manejo de la vía aérea.
- Desarrollar protocolos que faciliten el manejo correcto de la vía aérea en los escenarios planteados.
- Incluir los protocolos de manejo de vía aérea en una aplicación móvil de fácil accesibilidad y consulta.
- Escoger, mediante sustentación bibliográfica, los predictores de manejo de vía aérea difícil y de los escenarios planteados con mayor significancia estadística.
- Evaluar de manera global el funcionamiento, la facilidad de manejo y la calidad de la información suministrada por la aplicación.

5 Aspectos metodológicos

La búsqueda bibliográfica para analizar y sintetizar los datos sobre el manejo de la vía aérea, los predictores de vía aérea difícil y la ventilación difícil con DSG y máscara laríngea –además de los datos estadísticos– se realizó por medio de las bases de datos Cochrane, Pubmed-NCBI, Elsevier, Medline y Scielo. En estas se encontraron artículos desde el año 2000 hasta la actualidad, y con ello se realizó una comparación exhaustiva entre los predictores con mayor evidencia científica y el valor estadístico en cuanto a la predicción de una vía aérea difícil y los problemas para la ventilación con DSG y con máscara facial.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se tuvo la asesoría de expertos en el campo de la informática y la tecnología; ello, con el objetivo de comprender de manera práctica el desarrollo de estas herramientas digitales para plasmar de manera lógica las ideas y los conceptos concluyentes en el marco teórico realizado. De esta manera, la herramienta utilizada para la creación de la aplicación móvil, debido a su facilidad para el manejo y el desarrollo contextual, fue Thinkable. Esta es una empresa estadounidense privada ubicada en la ciudad de San Francisco y concebida para desarrollar y crear aplicaciones que no requieren un código, con lo que se brinda la posibilidad a los usuarios sin experiencia previa de crear aplicaciones móviles y publicar los proyectos en servidores como Google Play Store y App Store.

En ese sentido, se compararon con otras plataformas de desarrollo, como Mobincube y Appypie; sin embargo, estas requieren de conocimientos previos y específicos en programación y desarrollo de *software*, lo cual necesita un tiempo prolongado de capacitación, dado que son herramientas dirigidas a profesionales y/o expertos en el área.

Más adelante, al término del desarrollo de la aplicación en la plataforma Thinkable y con base en la programación, esta fue presentada al tutor investigativo y a los tutores y asesores metodológicos, quienes avalaron la fase de inicio de prueba de la Eolus App. Por otro lado, cabe recalcar que la aplicación Thinkable fue elegida de entre sus comparadores, dado que en la actualidad posee más de 2,5 millones de usuarios de 195 países, quienes han creado más de un millón de aplicaciones, con más de 16 millones de usuarios activos mensuales. Por esta razón, se comprobaron la confiabilidad, la seguridad y la calidad de esta plataforma, con lo que se concluyó que esta era adecuada para el trabajo de grado.

5.1 Comparación entre aplicaciones de desarrollo de *software*

Aplicación	MIT App Inventor	Mobincube	Appypie	Thinkable
Costo	Cobro	Sin cobro-cobro	Cobro	Sin cobro-cobro
Conocimiento	No obligatorio	No obligatorio	Requiere	No obligatorio
Manejo	Fácil/medio	Difícil	Difícil	Fácil/medio
Sistema operativo	iOS/Android	iOS/Android	Android	Web/iOS/Android

Tabla 1.

Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de la aplicación se determinaron cinco fases principales:

1. Alcance y definición: se señalan las funcionalidades y prestaciones con las que contará la aplicación
2. Diseño: realización de esquemas o diagramas en torno a la solución que se quiere dar con la app mediante cuatro principios básicos: determinar el escenario, definir la estructura del *software*, los tiempos y establecer recursos. Este proceso se basa en el diseño de navegación como estrategia para idealizar la forma de navegar entre diferentes pestañas y contenidos, el diseño gráfico como una herramienta de composición a partir de textos, imágenes, recuadros y afines, y el diseño funcional como guía y punto de referencia que describe lo que la aplicación debería poder realizar y la manera en que lo haría.
3. Desarrollo: se plasma el diseño en el *software*; esta también consta de cuatro pasos para la codificación o el lenguaje de programación seleccionado, la prueba de cada elemento desarrollado, la documentación de los códigos que se realizan y la codificación de las ayudas que también se deben ver reflejadas en la app.
4. Pruebas: tienen el fin de cotejar la funcionalidad de la aplicación en el entorno planteado, a fin de probar que todo esté funcionando. Esta fase se compone de dos pasos: la emulación y la prueba en dispositivos reales.
5. Validación: se entrega el ejecutable a un grupo de 22 usuarios del área de la medicina: estudiantes de último año, residentes de anestesiología, especialistas en medicina de emergencias y anestesiólogos; ellos pueden evaluar el funcionamiento de la aplicación.

Por otra parte, los protocolos de manejo para predecir la vía aérea difícil y VDM y DSG se desarrollaron con base en las recomendaciones y guías actualizadas de la Sociedad de Vía Aérea Difícil – DAS y la literatura consultada durante el desarrollo del trabajo de investigación, con lo que se hizo una revisión actualizada y se escogieron los estudios con las variables de mayor valor predictivo positivo (VPP); estos, al sumarse, apuntan a una sensibilidad y una especificidad mayores a las de una variable por sí sola.

Finalmente, cada protocolo que se realizó cuenta con un algoritmo de valoración en donde se escogen las variables con mayor VPP y donde se muestra la guía de manejo ante la situación planteada. No obstante, previo al paso del desarrollo de la aplicación móvil, se creó un diseño funcional en Excel que permitió idealizar una ruta esquemática de cada uno de los predictores utilizados en las tres situaciones propuestas, los cuales fueron empleados para el desarrollo de la app, como se muestra a continuación.

Predictores	Predictores de intubación difícil	Predictores para inserción/ventilación difícil con DSG	Predictores para VDM	Cantidad
Distancia tiromentoniana (DTM)	X	x		2
Bellhouse-Dore	X	x		2
Edad		x	x	2
Antecedente de vía aérea difícil	X			1
Test de mordida	X			1
Apertura oral	X			1
Test de Mallampati	x			1
Sexo		x		1
Índice de masa corporal (IMC)			x	1
Dentadura			x	1
Presencia de barba			x	1
Paciente roncador			x	1
Cantidad	6	4	5	12

Tabla 2.

Adicionalmente, se desarrolló un instrumento sencillo para que los profesionales que prueben la aplicación puedan calificarla y dar su opinión. Con esto se tendría la posibilidad de conocer globalmente la satisfacción de los usuarios y la utilidad de la herramienta mediante la evaluación de la calidad visual, la facilidad de manejo, la claridad de los conceptos y su uso en la práctica diaria; asimismo, se podrían recibir observaciones y sugerencias para mejorar.

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Evaluación	Mala/inadecuada	Regular	Buena	Excelente
¿Cómo es la presentación de la aplicación con respecto a su calidad visual?				
	Sí		No	
¿Considera que los predictores de vía aérea utilizados señalan de manera integral la dificultad en su manejo?				
¿Encuentra bien desarrollados los protocolos de manejo presentados?				
¿Los protocolos son fácilmente entendibles?				
¿El uso de la aplicación ayuda a la toma de decisiones sobre el manejo de la vía aérea en algún escenario?				
¿El manejo de la aplicación resulta sencillo?				
Observaciones y comentarios				

Tabla 3.

Fuente: elaboración propia.

El nombre y el logo de la aplicación fueron asignados en conjunto con el Dr. Javier Mauricio García, quien participó como tutor investigativo. Dicho nombre es Eolus App y su logo se puede encontrar en la sección de anexos.

6 Introducción

En el ejercicio diario de su práctica en el área de la medicina, los anestesiólogos, intensivistas, emergenciólogos, médicos de los servicios de urgencias y personal afín son los encargados del manejo de la vía aérea, ya sea en procedimientos programados, como en el área de la anestesiología, o en urgencias en otro tipo de situaciones que lo ameritan. El control eficiente y correcto de la vía aérea es una habilidad de gran importancia que se debe adquirir para manejar pacientes críticos, con traumas o que serán llevados a procedimientos quirúrgicos electivos.

Actualmente, según la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA), una vía aérea difícil se define como una situación clínica en la que un anestesiólogo con entrenamiento presenta problemas para la IET en tres o más intentos fallidos con un laringoscopio convencional, o para la ventilación con mascarilla. En cuanto a los problemas para ventilar con máscara facial, es la incapacidad para mantener una saturación de oxígeno superior al 90 % o revertir los signos de ventilación incorrecta al utilizar este aditamento (1,2). Finalmente, la dificultad para la ventilación a través de DSG es la incapacidad para hacer una oxigenación correcta en la inducción de la anestesia general, por el sellado inapropiado de la mascarilla, el exceso de fuga y/o de resistencia a la entrada y la salida de gas.

Cuando un profesional de la salud se enfrenta a una vía aérea difícil, debe actuar con firmeza y reducir al máximo las situaciones riesgosas para el paciente y su integridad, de modo que el fin de este trabajo es desarrollar una aplicación móvil de fácil uso y a la mano, y proponer una serie de protocolos dentro de la app para facilitar el actuar del médico ante las situaciones planteadas.

7 Marco teórico

El manejo de la vía aérea comprende las maniobras y/o el uso de dispositivos para una adecuada ventilación; sin embargo, esto también depende de algunos factores o características de todo paciente, la disponibilidad de los equipos de trabajo, los medicamentos y el nivel de entrenamiento del médico, quien es un pilar fundamental para el abordaje exitoso en el manejo de la vía aérea. Andreas Vesalius describió el interés por el conocimiento y el manejo de la vía aérea desde el siglo XVI, es necesario hacer una abertura en tronco de la tráquea, donde hay que colocar un tubo de caña o junco; posteriormente, se debe soplar en el interior, a fin de que los pulmones se levanten nuevamente y el corazón tome fuerza. Pero fue en el siglo XX cuando se perfeccionaron las técnicas quirúrgicas de cricotiroidotomía y la traqueostomía (3).

Ahora bien, la vía aérea cumple un papel fisiológico importante y dinámico con respecto a los procesos de respiración y ventilación; los conductos de aire, que comienzan en la nariz y terminan en los bronquiolos, son necesarios para el suministro de gas respiratorio humidificado y filtrado hacia y desde los alvéolos. Los anestesiólogos y otros médicos a menudo acceden a las vías respiratorias por medio de un tubo endotraqueal u otros dispositivos que se introducen directamente en las vías respiratorias superiores o inferiores del paciente. Así, se puede dividir la vía aérea en una porción superior, la cual se extiende desde la nariz hasta la glotis o la entrada torácica, y una porción o vía aérea inferior, incluyendo tráquea, bronquios y las subdivisiones de los bronquios. La vía aérea superior

también cumple otras funciones importantes: el olfato, la deglución y la fonación; la humidificación, y el filtrado de los gases inspirados (4,5,6).

8 Vía aérea superior

La vía aérea inicia de manera funcional en las fosas nasales y la boca, sitios por los que el aire ingresa. Las fosas nasales se extienden aproximadamente de 10 cm a 14 cm hasta la nasofaringe y están divididas principalmente por un tabique cartilaginoso cuadrilátero de la línea media junto con las dos porciones mediales extremas de los cartílagos laterales (4). En cuanto al tabique nasal, se compone de la placa perpendicular del hueso etmoides que descende de la placa cribiforme, el cartílago septal y el hueso vómer.

Cada fosa nasal proporciona aproximadamente 60 cm cuadrados de superficie a cada lado para calentar y humidificar el aire inspirado, y el riego arterial de la cavidad nasal está dado por las ramas etmoidales de la arteria oftálmica, las ramas esfenopalatina y palatina mayor de la arteria maxilar y las ramas nasales superior y lateral de la arteria facial. A la confluencia de estos vasos sanguíneos se le conoce como el plexo de Kiesselbach, que está situado en el área de Little (4) en la porción anteroinferior del tabique nasal. Con respecto a la inervación sensorial no olfatoria de la mucosa nasal, esa se deriva de las dos primeras divisiones del nervio trigémino: los nervios etmoidal anterior y maxilar. Por último, la nariz cumple una serie de funciones de importancia clínica: la respiración, el olfato, la humidificación, la filtración y la fonación; aproximadamente 10 000 litros de aire ambiental pasan a través de las vías respiratorias nasales por día, y se agrega un litro de humedad a este aire en el proceso.

8.1 Faringe

La faringe es la vía comúnmente usada tanto para los alimentos como para los gases respiratorios, y se extiende de 12 cm a 15 cm a partir de la base del cráneo hasta el cartílago cricoides en la parte anterior y el borde inferior de la sexta vértebra cervical en la parte posterior. Su parte más ancha se halla al nivel del hueso hioides (5 cm) y la más estrecha a nivel del esófago (1,5 cm). Por otro lado, la faringe está subdividida en laringofaringe, orofaringe y nasofaringe (4,5). La nasofaringe tiene un rol respiratorio, está después de la terminación de los cornetes y el tabique nasal y va hasta el paladar blando; la orofaringe tiene una función digestiva, pues comienza debajo del paladar blando y llega al borde superior de la epiglotis; y la laringofaringe, también denominada hipofaringe, se encuentra entre la cuarta y la sexta vértebras cervicales, inicia en el borde superior de la epiglotis y llega al borde inferior del cartílago cricoides, allí se estrecha y va al esófago.

8.2 Laringe

En los adultos se encuentra frente a la tercera y la sexta vértebras cervicales; no obstante, puede estar ubicada algo más arriba en mujeres y niños. Lo cierto es que, hasta la pubertad, no existen diferencias en el tamaño de la laringe entre hombres y mujeres; pero en la pubertad la laringe se desarrolla de forma más rápida en los hombres, en comparación con las mujeres, con lo que casi se duplica el diámetro anteroposterior. En lo que concierne a la laringe femenina, esta es más pequeña y cefálica; y las medidas de longitud, diámetro transversal y diámetro sagital de la laringe adulta son 44, 36 y 43 mm, respectivamente, en los hombres, y 41, 36 y 26 mm, respectivamente, en las mujeres (6). Para terminar, es importante mencionar

que la entrada a la laringe está limitada anteriormente por el borde superior de la epiglotis; posteriormente, por un pliegue de membrana mucosa estirada entre los dos cartílagos aritenoides, y lateralmente, por los pliegues aritenoides.

La principal función de la laringe es actuar como válvula, es decir, garantizar el paso del aire a los pulmones para evitar que se depositen secreciones, restos alimenticios o cuerpos extraños que pudieran llegar a obstruir la vía aérea. Asimismo, el cuerpo de la laringe está constituido por nueve cartílagos que a su vez se pueden dividir en tres impares: tiroides, cricoides y epiglotis; además de tres pares: aritenoides, corniculados y cuneiformes. La inervación de esta estructura está dada por el nervio laríngeo superior y el nervio laríngeo recurrente, que nacen a partir del nervio vago o X par, los cuales se encargan de proporcionar la inervación motora y sensitiva.

8.3 Tráquea

Tiene la forma de una estructura tubárica de características fibrocartilaginosas, conformada por 20 anillos de cartílago que emulan una herradura, con la parte anterior de cartílago dura y la posterior de músculo liso para el paso del esófago; aun así, partiendo del sexto cartílago, esta se vuelve una estructura intratorácica. Aunado a esto, su extensión inicia desde el cartílago cricoides a partir de la C6 con una longitud de aproximadamente 12 cm (4). Para finalizar, en el borde inferior del último anillo hay una curva inferior entre los dos bronquios a nivel de la T5 o la correspondencia con el ángulo de Louis denominada Carina (4,6).

Dado lo anterior, es esencial indicar que manejar la vía aérea de manera exitosa, actualmente, es una competencia que se creería exclusiva del personal de anestesiología; sin embargo, muchas otras especialidades y ramas de la medicina intervienen en ella y, por ende, su estudio, conocimiento y abordaje adecuados son competencias que se deben considerar (7). Así, es correcto afirmar que los problemas o sucesos indeseados que pueden derivarse de un manejo o una intervención inadecuados siguen siendo una causa de morbilidad y mortalidad que puede aumentar a diario en los servicios de urgencias y emergencias, las salas de cirugía, etc. En suma, todos aquellos profesionales de las diferentes ramas y especialidades médicas que se ven enfrentados al manejo o la invasión de la vía aérea de los pacientes son conscientes de las dificultades inesperadas que pueden presentarse durante su actuar, las cuales podrían no tener planes alternos de actuación, razón por la cual los eventos adversos relacionados con su manejo se ven incrementados.

Así las cosas, como se menciona en una de las publicaciones sobre la vía aérea de la Revista Española de Anestesiología, se puede considerar que la dificultad para el manejo de la vía aérea es una complicación típica, cuantificable y predecible (7), por ello es fundamental que, al abordarla, se tomen y tengan todas las medidas necesarias para evitar posibles complicaciones que permitan su correcta planeación y su manejo; de allí, se puede inferir que la falta de conocimiento y entrenamiento son factores que contribuyen al fracaso y, por ende, en eventos adversos que deberían ser evitables. Grosso modo, las maneras en que se puede intervenir la vía aérea son cuatro: ventilación con máscara facial, ventilación a través de DSG, intubación traqueal y acceso quirúrgico o transcervical (7):

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes



Figura 1. Ventilación con máscara facial

Fuente: El Hospital (8)

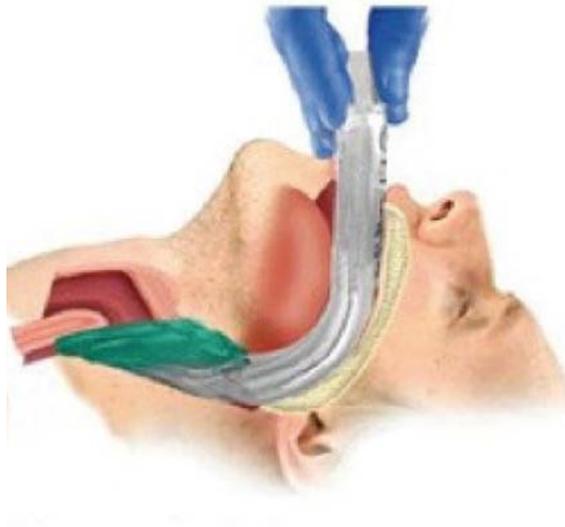


Figura 2. Ventilación con DSG

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

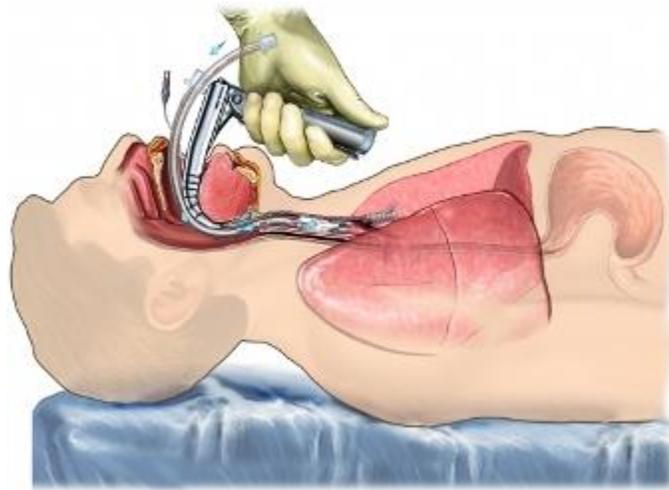


Figura 3. Intubación traqueal

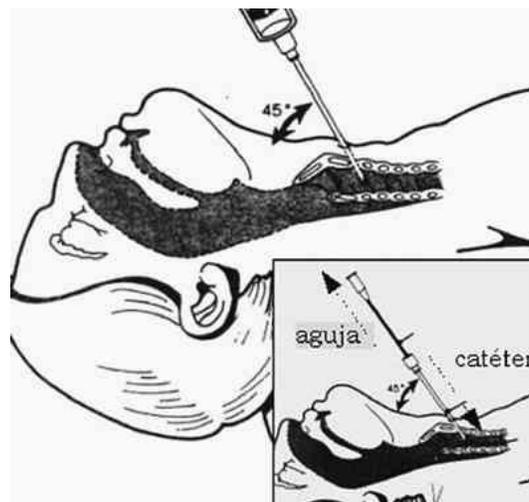


Figura 4. Acceso quirúrgico de emergencia

Cada una de estas maneras de abordar la vía aérea tiene especiales consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de pensar en su utilización, puesto que, asimismo, se presentan tasas de fracaso. Estas se han estipulado según series de estudios resumidas en la Tabla 1 (7).

Tasas de fracaso en el abordaje de la vía aérea		
1	Ventilación con mascarilla facial	< 1 en 700
2	Ventilación DSG	< 1 en 50
3	Intubación traqueal	< 1 en 1500
4	Acceso transcervical	1 en 50 000

Tabla 4. Fracaso en el abordaje de la vía aérea

Con respecto al uso de cada una de ellas, se debe hacer énfasis en que el fracaso de un dispositivo para el manejo de la vía aérea –ya sea máscara facial, DSG, IET o acceso transcervical– aumenta la posibilidad de fracaso del siguiente.

9 Evaluación de la vía aérea

Es conocido, desde el campo de la anestesiología y otras ramas –como la medicina de urgencias y emergencias, las UCI, etc.–, que valorar la vía aérea y el conocimiento de la anatomía aportan datos significativos que han arrojado aproximaciones a la dificultad de acceder a ella y al posible planeamiento de planes estratégicos para su abordaje. Por ello, entidades tan importantes como la ASA y la DAS han hecho sus propias guías y algoritmos, con los que se ha hecho énfasis en la valoración de los parámetros anatómicos de los pacientes y de la vía aérea para anticipar los problemas que podrían resultar y tener a la mano herramientas para sortear tales dificultades (9).

Dicho lo anterior, se debe realizar el correcto examen de la vía aérea de los pacientes para identificar todos aquellos factores paciente-dependientes que pueden causar problemas o dificultades en el manejo de la máscara facial, los DSG, los tubos endotraqueales o el acceso quirúrgico. Igualmente, ninguno de los predictores que hoy día se utilizan para evaluar la vía aérea son totalmente fiables, debido principalmente a su baja sensibilidad y especificidad y su VPP (2). Es por eso que en muchas de las revisiones y guías publicadas sobre la vía aérea y su manejo se hace especial énfasis en que deben hacerse combinaciones o se deben utilizar varios de los elementos existentes para anticipar con certeza el riesgo de enfrentarse a la dificultad para llegar a la vía aérea y poder asegurarla (9).

Predictores	Normal
Distancia interincisivos	>4cm
Clasificación de Mallampati-Samsoon	Grado I-II
Cuello	Elástico y movable
Distancia tiromentoniana (Test de Patil)	>6 cm
Protrusión mandibular	Capacidad de mayor extensión de los incisivos mandibulares que los maxilares
Articulación atlantooccipital	Extensión cervical de 35°
Distancia esternomentoniana	> 12 cm
Historia de intubación previa	Ausencia de dificultad o secuelas

Tabla 5. Predictores de vía aérea difícil

10 Intubación difícil

En las *Guías y algoritmos para el manejo de la vía aérea difícil* se describe que 18 % de los pacientes presenten dificultades para ser intubados, 5 % tienen dificultades para oxigenar y, aproximadamente, entre 0,004 % y 0,008 % no pueden intubarse ni oxigenarse. Por ese motivo se deben conocer los conceptos que acercan más a entender y conocer el manejo de

la vía aérea: vía aérea difícil, dificultad para insertar un DSG, dificultad para insertar un dispositivo extraglottico (DEG), VDM o DSG, laringoscopia difícil, intubación traqueal difícil y fallo de intubación. Estas, según la ASA (2), se definen de la siguiente manera.

- Vía aérea difícil: situaciones en las que un anestesiólogo con experiencia o personal correctamente entrenado presenta problemas para ventilar la vía aérea con máscara facial o para la intubación traqueal después de tres intentos o 10 minutos.
- Inserción difícil de un DEG: colocar un DEG necesita varios intentos cuando se presentan o no problemas traqueales.
- VDM o DEG: limitación para la ventilación correcta por un sello incorrecto, una fuga o resistencia en la entrada o la salida de aire, o ambos.
- Laringoscopia difícil: limitación completa de la visibilidad de las cuerdas vocales después de intentar varias veces la laringoscopia convencional.
- Intubación traqueal difícil: múltiples intentos para asegurar la intubación habiendo o no enfermedad traqueal.
- Intubación fallida: colocación del tubo endotraqueal fallida tras varios intentos.

En un investigación consistente en estudio de observación retrospectivo llevado a cabo en 500 pacientes del Hospital Universitario Basurto de España, en un lapso de dos meses durante 2011 (10), se comparó la anticipación de la vía aérea en el preoperatorio, con la facilidad de manejo de la vía aérea con complicaciones en el quirófano, prevista y también desconocida. Así, se pudo concluir que un 6 % (10) de los pacientes tuvo dificultades en la vía aérea, de los cuales 75 % (18 pacientes) no se detectaron en el preoperatorio con los test de predicción usuales (11).

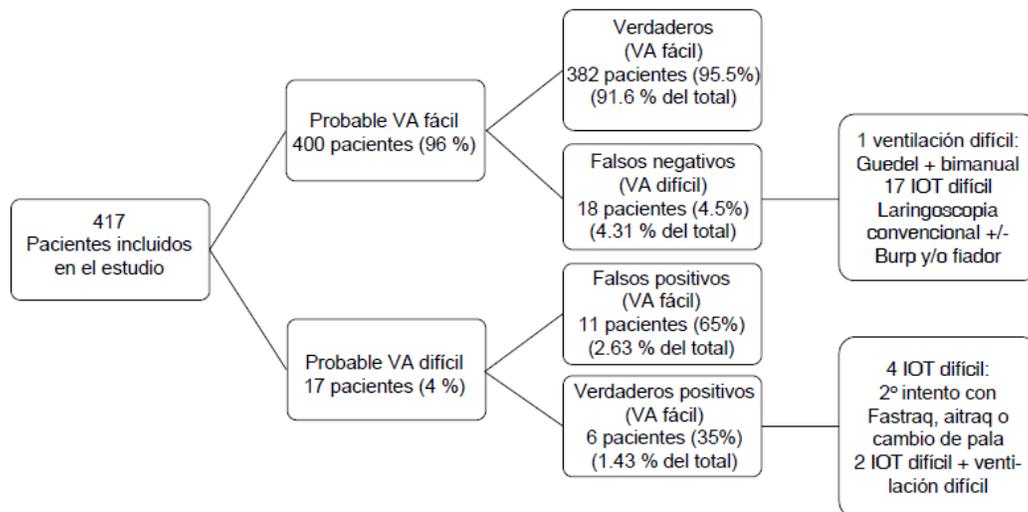


Figura 5. Análisis y ejecución de la distribución de los pacientes

%	Mallampati	Distancia tiromentoniana	Apertura bucal
Sensibilidad	50	37	37
Especificidad	86	47	68
VPP	18	4	7
VPN	96	92	94
LR+	3.57	0.69	1.15
LR-	0.58	1.34	0.92
LR + PPT	6-9%		
LR – PPT	0.75-1.3%		

Tabla 6. Sensibilidad y especificidad Mallampati, DTM, apertura oral

Según los hallazgos estadísticos citados en el cuadro de arriba, y en cuanto al test de Mallampati modificado, obtuvo sensibilidad de 50 %, especificidad de 86 %, VPP de 18 y el valor predictivo negativo (VPN) fue 96. El *likelihood ratio* positivo (LR+) fue de 3,57, y el *likelihood ratio* negativo (LR-), de 0,58. Con ello, se concluyó que el test tiene baja utilidad; esto, si se asume que la probabilidad del pretest en la población general, de acuerdo con los estudios, se halla alrededor del 2 % o el 5,8 % para presentar una vía aérea difícil (3), que la probabilidad postest (PPT) de la prueba con un LR+ fue de 6 a 9 %, y que el LR- fue de 0,75 a 1,3 %.

Con respecto al test de DTM, se halló sensibilidad de 37 %, especificidad de 47 %, VPP de 4 y VPN de 92; de igual modo, LR+ fue 0,69, y el LR- fue 1,34. Así pues, la utilidad del test, en consonancia con el resultado del LR, es nula; mientras tanto, de acuerdo con el estudio, el test de apertura oral tuvo sensibilidad de 37 %, especificidad de 68 %, VPP de 7 y VPN de 94. Por último, el LR+ fue 1,15 y el LR- fue 0,92, y la utilidad del test, con base en el resultado del LR, es deficiente (12).

En otro estudio publicado en el 2014, *Validity of airway predictors in outpatient medicine* (13), se estudiaron el Mallampati, la DTM, la distancia esternomentoniana, la distancia interdental (DID), el Cormack, entre otros, y se recolectó información de 324 intubaciones. La mayor parte de casos fueron hombres (65,2 %), la edad media fue de 63 años y no se halló diferencia importante de edad entre la vía aérea difícil y la ausencia de esta; entre tanto, se evidenció presencia de vía aérea difícil en 20,7 % y una utilización de dispositivos alternativos de 21,4 %. La DTM fue patológica en 59 % de pacientes y la distancia esternomentoniana en 56,4 %, pero ninguna mostró asociación con la vía aérea difícil ($p=0,681$ y $p=0,415$, respectivamente). La DID menor de 3 cm se asoció con la presencia de la vía aérea difícil ($p=0,005$), y la sensibilidad y la especificidad de todas las medidas fueron bajas. Para concluir, la distancia esternomentoniana y la DTM no fueron útiles en el campo extrahospitalario, mientras que sí lo es la DID para predecir una vía aérea difícil (13).

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

		Total	Vad No	Vad Sí	P
Sexo	Varón	203 (64,4%)	160 (64,3%)	43 (65,2%)	0,893
	Mujer	112 (35,6%)	89 (35,7%)	23 (34,8%)	
Acceso	Bueno	141 (56,2%)	115 (59,0%)	26 (46,4%)	0,095
	Malo	110 (43,8%)	80 (41,0%)	30 (53,6%)	
DTM	>6CM	116 (41,0%)	94 (41,6%)	22 (38,6%)	0,681
	<6CM	167 (59,0%)	132 (58,4%)	35 (61,4%)	
DEM	>12CM	119 (45,4%)	98 (37,4%)	21 (40,4%)	0,415
	<12CM	143 (54,6%)	112 (46,7%)	31 (5,0%)	
DID	>3CM	185 (66,3%)	155 (53,3%)	30 (50,8%)	0,005
	<3CM	94 (33,7%)	65 (29,5%)	29 (49,2%)	
Final	Vivo	129 (47,1%)	107 (49,8%)	22 (37,38%)	0,089
	Exitus	145 (52,9%)	108 (50,2%)	37 (62,7%)	

DTM: Distancia tiro-mentoniana.
 DEM: Distancia esterno-mentoniana.
 DID: Distancia interdental.

Tabla 7. Datos generales de la población de estudio

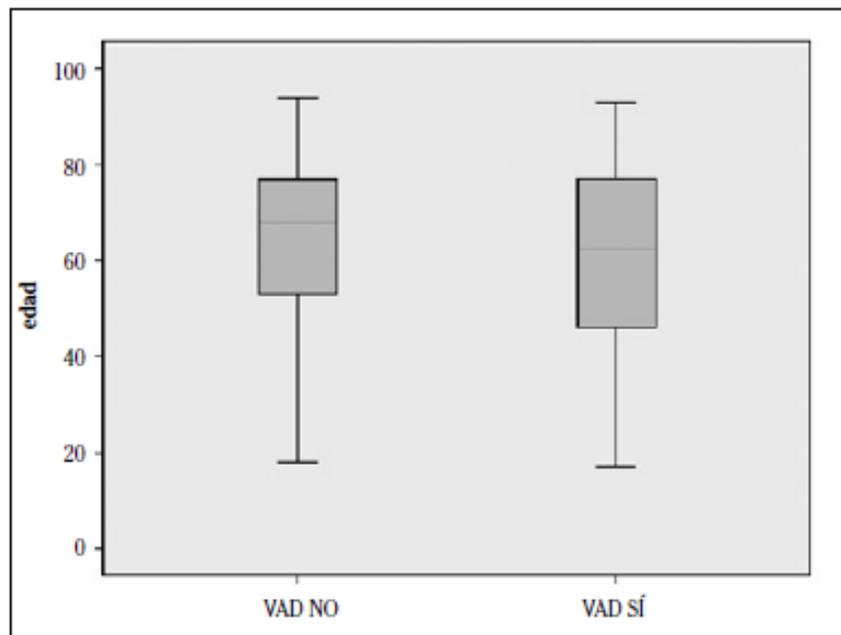


Figura 6. Relación entre edad y la vía aérea difícil

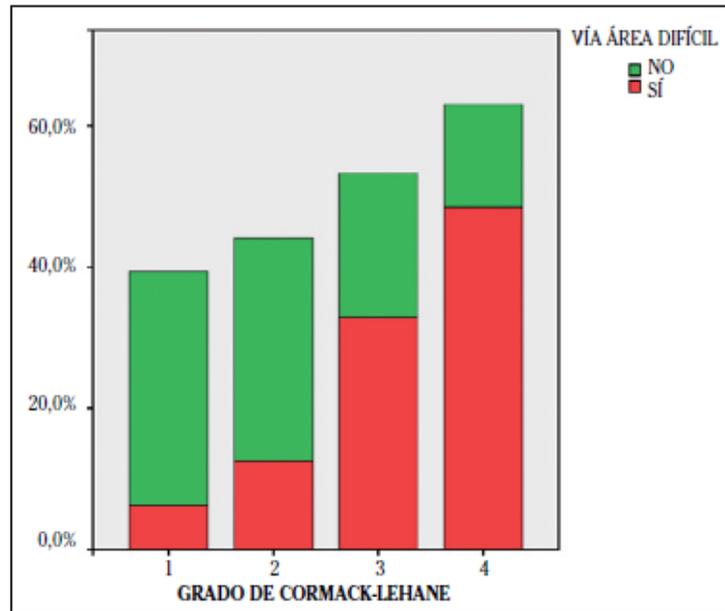


Figura 7. Presencia de la vía aérea difícil según grado de la clasificación Cormack-Lehane

	Sensibilidad (IC 95%)	Especificidad (IC 95%)
DTM	61% (55-72)	41% (29-50)
DEM	59% (52-65)	46% (41-56)
DID	75% (70-80)	87% (83-92)

Tabla 8. Sensibilidad y especificidad de las distancias

Según el estudio citado, la DID tiene sensibilidad de 75 % y especificidad de 87 %; así, se clasifica como la variable con más correlación estadística para que un paciente presente una vía aérea difícil. La DTM obtuvo sensibilidad de 61 % y especificidad del 41 %, y la DEM con sensibilidad de 59 % y especificidad de 46 % (6); es por ello que se concluyó, como aporte más importante del estudio, que la presencia de DID menor a los 3 cm es un factor para prever las complicaciones al momento de la IET (13).

Luego se publicó un documento bajo el nombre “Predictors of difficult intubation defined by the intubation difficulty scale (IDS): predictive value of 7 airway assessment factors”, realizado por la Revista Coreana de Anestesiología, el cual se valió de 305 pacientes clasificados como ASA I y ASA II, entre 19 y 70 años, que se llevarían a cirugía programados con anestesia general. Como criterios de exclusión se señaló a los pacientes con dentadura incompleta, movimiento limitado de la articulación atlantoccipital o el cuello, limitación para la apertura de la articulación temporomandibular o presencia de masas o tumores laríngeos. Asimismo, para el desarrollo del estudio se utilizaron siete factores de evaluación de la vía aérea: clasificación de Mallampati, DTM, movimiento de la cabeza y el cuello, IMC, dientes protuberantes, espacio entre incisivos y prueba de mordida del labio superior (ULBT) (3). Después de lo anterior, a cada factor le fue asignado un valor entre 0,1 y 2 puntos (para el

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

IMC, de 0 a 1 punto), y el puntaje total fue contado y registrado como puntuación total de la vía aérea (TAS).

De la misma manera, para cada una de las variantes y puntuaciones asignadas se tuvo en cuenta lo siguiente: la clasificación de Mallampati se utilizó según su criterio actual, con clase I-IV; para la DTM se dieron medidas estándar de 6 a 6,5 cm; para el rango de movimiento de la cabeza se dieron rangos de medida de 90 y más de 90 °; en cuanto al IMC, si este era de 25 kg/m² o más, se otorgaba un punto o, si estaba por debajo de los 25 kg/m², no se asignaba ningún punto. Con respecto a los dietes protuberantes, se consideró como una característica normal que los pacientes pudieran juntar los dientes y que los superiores cerraran sobre los inferiores sin espacio; en caso de que los dientes superiores sobresalieran de 0 a 0,5 cm sobre los inferiores, ello sería moderado, y si los superiores sobresalían más de 0,5 cm con base en los inferiores sería grave.

En lo que concierne a la distancia de los interincisivos, se tuvo en cuenta la distancia entre los dientes superiores e inferiores al abrir la boca lo más ampliamente que se pudiera y, por último, para la ULBT se consideró la capacidad de los dientes inferiores para morder el labio superior. De acuerdo con esto, se evidenciaron tres clases: clase I, en la cual los dientes inferiores pudieron morder la línea bermellón superior (línea de transición entre la piel del labio y la mucosa labial) y cubrir la membrana del labio superior; clase II, cuando los dientes inferiores mordieron por debajo de la línea bermellón superior, de modo que solo se cubrió una parte de la membrana; y clase III, donde los dientes inferiores no pudieron morder el labio superior (3).

Airway factors	Score		
	0	1	2
Mallampati classification	Class I	Class II	Class III–IV
Thyromental distance (cm)	> 6.5	6–6.5	< 6
Head & neck movement (°)	> 90	90	< 90
BMI (kg/m ²)	< 25	≥ 25	-
Buck teeth	No	Mild	Severe
Inter-incisor gap (cm)	> 5	4–5	< 4
ULBT	Class I	Class II	Class III

Tabla 9. Valores asignados score vía aérea

Durante el proceso de intubación de los pacientes, se puntuó con base en las características presentadas durante este, como se expone en la tabla, a continuación, con respecto a la escala de dificultad de intubación (IDS).

Calculating method	
N_1	Every additional attempt adds 1 point
N_2	Each additional operator adds 1 point
N_3	Each alternative technique adds 1 point: repositioning of the patient, change of materials (blade, ET tube, addition of a stylette), change in approach (nasotracheal/orotracheal) or use of another technique (fibroscopy, intubation through a laryngeal mask)
N_4	Apply Cormack grade for 1st oral attempt. For successful blind intubation: $N_4 = 0$
N_5	Increased lifting force during laryngoscopy adds 1 point. For normal lifting force: $N_5 = 0$
N_6	External laryngeal pressure to improve glottic exposure adds 1 point
N_7	Position of vocal cords during laryngoscopy (abduction: $N_7 = 0$, adduction: $N_7 = 1$)

Tabla 10. Score IDS

Las siete variables de medición de la IDS que se muestran (N_1 - N_7) consisten en el número de intentos para intubar y de procedimientos adicionales, el uso de diferentes habilidades de intubación, la clasificación de Cormack-Lehane de la vista laríngea, la fuerza de elevación cuando se realiza la laringoscopia, la maniobra de presión laríngea externa y la ubicación de la cuerda vocal bajo proyección laringoscópica.

En ese sentido, la manera en que se evaluó la IDS fue la siguiente: para N_1 , si la intubación fue exitosa la primera vez, no se dio ningún punto y se agregó uno ante los intentos de intubación adicionales; para N_2 , se agregó un punto con el aumento del número de médicos para la IET; para N_3 , se agregó un punto con el reposicionamiento de los pacientes o con un cambio en la técnica de intubación; para N_4 , el grado 1 en la clasificación de Cormack-Lehane en la vista laríngea fue 0, y se otorgó un punto con el aumento en el grado de clasificación; para N_5 , si la fuerza de elevación fue normal con el uso de la laringoscopia, no se dio ningún punto, pero, si se necesitaba mucha fuerza, se agregaba uno; para N_6 , si se necesitaba una maniobra de presión laríngea externa para ver mejor la glotis, se agregaba un punto; finalmente, para N_7 , si la cuerda vocal bajo visión laringoscópica estaba en abducción, no se otorgaba ningún punto, y si se aducía la cuerda vocal, se agregaba uno (3). Ahora bien, si la suma de la IDS de las siete variables de medición era igual a 0, entonces se consideraba una IET fácil; si la puntuación era de 1 a 5, se trataba de una intubación un poco difícil; y, si eran más de cinco puntos, se consideraba intubación moderada o difícil.

En los resultados del estudio citado, si la TAS del factor era superior a seis puntos o si la ULBT era de clase III, era posible predecir una IET con complicaciones. Aquí se excluyó el antecedente de IET difícil, se añadió la ULBT y se sustituyó el peso por el IMC en los siete factores determinados por Kim et al., quienes también concluyeron que, si la TAS era superior a 6, el riesgo de IET difícil era 13,57 veces mayor (IC del 95 % = 2,99-61,54, $P < 0,05$); esto, dado que la TAS es la suma de todos los factores de evaluación de las vías

respiratorias, por lo que, en comparación con factores separados, fue más útil para predecir la intubación difícil. Sin embargo, el inconveniente fue que, cuando no se pudieron encontrar los siete factores, tampoco se pudo calcular la TAS. Adicionalmente, cabe mencionar que la razón de posibilidades de la ULBT (clase III) fue de 12,48, alta y similar a la TAS (95 % CI = 2,50-2,21, $P < 0,05$), lo que quiere decir que con una ULBT de clase III, las probabilidades de IET difícil aumentaron 12,48 veces en comparación con cuando la ULBT era de clase II. Por lo tanto, la ULBT puede ser un factor único para evaluar las vías respiratorias y útil para predecir la IET difícil (3).

Según este estudio, la clasificación de Mallampati ha sido útil durante mucho tiempo para predecir la IET difícil, ya sea porque se conoce que las clases III y IV presentan una correlación significativa al predecir la IET difícil; por ende, se afirmó que, en lugar de usar la clasificación de Mallampati sola, era mejor usar otras pruebas de evaluación de las vías respiratorias juntas para predecir la intubación difícil (3).

Par finalizar, los autores estipularon que usar muchos factores de evaluación de vías respiratorias y encontrar (puntuación total de las vías) una TAS > 6 es un mejor método que el de un solo factor cuando se trata de predecir una intubación difícil. Así las cosas, cuando no se puede encontrar la TAS, la ULBT de clase III es una prueba independiente muy útil para predecir la IET difícil (3).

Como ya se ha dejado claro, antes de abordar la vía aérea de un paciente y de generar inconsciencia y bloqueo neuromuscular, se deben evaluar los posibles predictores que podrían generar o representar una dificultad para la intubación; asimismo, se han hecho análisis estadísticos de estos factores anatómicos o propios del paciente que permiten inferir que si se presentan uno o más de estos se puede tener una alta probabilidad de presentar dificultad para la intubación (3).

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Parámetro	Exactitud Global % (IC 95%) †	Sensibilidad % (IC 95%) ‡	Especificidad % (IC 95%) §	LR+ (IC 95%)	LR- (IC 95%) ¶
Apertura oral < 4 cm	90.7 (90.1 - 91.2)	26.3 (22.9 - 29.7)	94.9 (94.4 - 95.3)	5.13 (4.51 - 5.84)	0.78 (0.68 - 0.88)
Distancia tiro-mentoniana < 6 cm	93.6 (93.2 - 94.1)	7.0 (5.0 - 9.0)	99.3 (99.1 - 99.4)	9.60 (7.25 - 12.73)	0.94 (0.71 - 1.24)
Mallampati III (III y IV)	86.3 (85.7 - 87.0)	44.7 (40.9 - 48.6)	89.1 (88.4 - 89.7)	4.08 (3.75 - 4.45)	0.62 (0.57 - 0.68)
Movilidad cervical < 80°	93.0 (92.5 - 93.5)	10.4 (8.1 - 12.8)	98.4 (98.1 - 98.6)	6.43 (5.13 - 8.07)	0.91 (0.73 - 1.14)
Incapacidad de subluxar la ATM	91.0 (90.5 - 91.6)	16.5 (13.6 - 19.4)	95.9 (95.5 - 96.2)	3.98 (3.35 - 4.74)	0.87 (0.73 - 1.04)
Peso > 110 Kg	89.5 (88.9 - 90.1)	11.1 (8.6 - 13.5)	94.6 (94.2 - 95.1)	2.05 (1.65 - 2.55)	0.94 (0.75 - 1.17)
Antecedente de vía aérea difícil	94.0 (93.6 - 94.5)	4.5 (2.9 - 6.1)	99.9 (99.8 - 99.9)	34.28 (24.02 - 48.92)	0.96 (0.67 - 1.36)
Incapacidad de morder el labio superior (MLS Grado III) (20)	88.0 (84.3 - 91.7)	76.5 (56.3 - 96.6)	88.7 (85.0 - 92.4)	6.76 (5.18 - 8.83)	0.27 (0.20 - 0.35)

Tabla 11. Rendimiento diagnóstico de algunos predictores de vía aérea difícil

Según la Tabla 8, la Revista Colombiana de Anestesiología, en su volumen 32 (14), hace referencia a los predictores de vía aérea difícil en cuanto a su rendimiento, teniendo en cuenta la sensibilidad o la fracción de verdades positivas, la especificidad o los verdaderos negativos, el LR o la razón entre la opción de observar un resultado en pacientes con la enfermedad citada frente a la opción de ese resultado en pacientes que no tengan la enfermedad.

Con base en estas ocho relaciones caracterizadas en la Tabla 8, y con base en su exactitud global, sensibilidad, especificidad y LR+, las pruebas que más se ajustan como predictores para la intubación difícil según la revisión citada son el antecedente de vía aérea difícil, la DTM menor a 6 cm, la ULBT, la apertura oral inferior a 4 cm y el Mallampati en los grados III y IV.

Ahora bien, en una investigación de tipo observacional, analítica y transversal, publicada en la Revista Cubana de Anestesiología (15) fue hecho con 400 pacientes con programación para cirugía electiva bajo anestesia general, y sus criterios de inclusión fueron pacientes mayores de 18 años con previo consentimiento y con los niveles ASA I y II. En contraste, se excluyeron a quienes presentaran alteraciones en cara, cuello y/o dentadura; a quienes tuvieran antecedentes de problemas para manejar la vía aérea o de intubación difícil; y pacientes gestantes. Luego, estos se dividieron en dos grupos de 200 pacientes cada uno: el grupo I solo fue evaluado con el test de Mallampati y los grados I y II fueron definidos como fáciles para intubar; y los grados III y IV, difíciles de intubar. Asimismo, en el grupo II también se evaluaron la distancia de los interincisivos, el grado de protrusión mandibular, la extensión atlantoccipital y la DTM (15).

Grupos	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Valor predictivo positivo (%)	Valor predictivo negativo (%)
Grupo I	42,5	91,0	48,2	91,0
Grupo II	61,7	97,7	63,6	92,2

Tabla 12. Valores predictivos por grupos

De acuerdo con lo anterior, se deduce que el valor predictivo de la prueba de Mallampati tuvo mejoras con la combinación junto a las demás clasificaciones. La mayor sensibilidad la tuvo el grupo II, también la especificidad, el VPP y el VPN. Con esto, se pudo demostrar que la mayor sensibilidad se evidenció en el grupo al que únicamente se le aplicó el test de Mallampati; y las cuatro pruebas predictivas agrupadas de DTM fueron las más específicas y de mayor valor pronóstico, que también demostraron extensión de la articulación atlantoccipital, distancia esternomentoniana, y distancia de los interincisivos que, juntas, hicieron una valoración pronóstica más correcta (15).

En otro estudio, constituido por un universo de 398 pacientes intervenidos quirúrgicamente de manera urgente, quienes requirieron anestesia general (16), se tomó como criterio de inclusión más de 18 años de edad, y como criterios de exclusión, la administración de anestesia regional, el estado físico en el nivel ASA V, la pobre cooperación para el examen físico, las alteraciones de anatomía en el rostro y el relieve frontal, la boca, los tumores y las deformaciones del cuello. Por último, se evaluaron el test de Mallampati, la DTM, la distancia esternomentoniana, la apertura de la boca, la extensión atlantoccipital, la ULBT y la protrusión mandibular.

Así, se concluyó que el test de mayor sensibilidad –entendida como el porcentaje de las laringoscopias complicadas adecuadamente predichas de todas las que en realidad lo fueron– fue el de la apertura oral, con un 64,7 %. De igual manera, las pruebas de más especificidad –entendida como el porcentaje de las laringoscopias fáciles adecuadamente predichas del total que en realidad lo fueron– la apertura de la boca, con un 92,6 %; la extensión atlantoccipital, con un 92,2 %; y la de Mallampati, con 90,7 %. Adicionalmente, el mayor VPP fue el porcentaje de las laringoscopias difíciles predichas de forma correcta, es decir, el de la apertura de la boca, con 47,8 %. Finalmente, entre los mayores VPN se destacó el porcentaje de las laringoscopias fáciles predichas de manera correcta, incluidas la apertura de la boca, con 96,1 %; la de Mallampati, con 93,6 %; y la DTM y la extensión atlantoccipital, con 91,2 % (16).

En un estudio mexicano que buscaba conocer el valor predictivo de las diversas clasificaciones de vía aérea difícil, se hizo una evaluación de la capacidad predictiva de cada una, su sensibilidad y su especificidad estadística (17). Esto incluía un total de 90 pacientes, 59 (65 %) mujeres y 31 (35 %) hombres, a quienes les fueron evaluados la apertura oral, el grado de extensión cervical o Bellhouse-Dore, el Mallampati, la DTM y la distancia esternomentoniana.

Valoración de la vía aérea	Sensibilidad	Especificidad	Valor predictivo positivo	Valor predictivo negativo
Apertura oral	1.33%	86.7%	33.7%	14.9%
Bellhouse-Dore	4.3%	55%	25%	14%
Mallampati	15.2%	15.9%	15.9%	15.2%
Patil-Aldreti	9%	25.7%	16%	8.4%
DEM	2.8%	57%	18.2%	15.2%

Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo. Valor representado en porcentajes (%).

Tabla 13. Valor pronóstico score vía aérea

Como resultado de esta revisión se concluyó que el Mallampati obtuvo una sensibilidad del 15,2 %; la DTM, 9 %; la extensión cervical o Bellhouse-Dore, 4,3 %; la distancia esternomentoniana, 2,8 %; y la apertura oral, 1,33 %. Así las cosas, según la especificidad, se tuvo que la apertura oral obtuvo un 86,7 %; la distancia esternomentoniana, un 57 %; la extensión cervical o Bellhouse-Dore, 55 %; el Mallampati, 15,9 %; y la DTM, 9 %. Con respecto al valor pronóstico, la apertura oral se puntuó con 33,7 %, y la distancia esternomentoniana, con 18,2 % (17), lo que da una visión amplia de lo que hasta el momento se ha analizado en cuanto a las puntuaciones que pueden ayudar a predecir una intubación difícil: el test de Mallampati, la DTM, la apertura oral, además de algunos otros como la extensión cervical y el test de mordida.

	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)
Mallampati original	42-60	81-89	4-21
Mallampati modificada	65-81	66-82	8-9
Distancia tiromentoniana	65-91	81-82	8-15
Distancia esternomentoniana	82	89	27
Score de Wilson	42-55	86-92	6-9
Apertura bucal	26-47	94-95	7-25
Protrusión de la mandíbula	17-26	95-96	5-21

Tabla 14. VPP de diversos test evaluados

Según un artículo publicado en la Revista Brasileira de Anestesiología (17) se hizo un estudio con 2611 pacientes, donde 333 eran mujeres (12,8 %) y 2278 hombres (87,3 %), y a estos les realizaron una laringoscopia directa para un procedimiento en los quirófanos de una clínica de otorrinolaringología. Los pacientes fueron operados como electivos o de urgencia, y las puntuaciones, de acuerdo con la clasificación de ASA, de los pacientes fueron I (38,3 %), II (46,9 %), III (13,9 %) y IV (0,9 %); así, los predictores evaluados fueron el test de

Mallampati, historia de la vía aérea con complicaciones; restricción de movilidad de la articulación atlantoccipital o la flexión cervical.

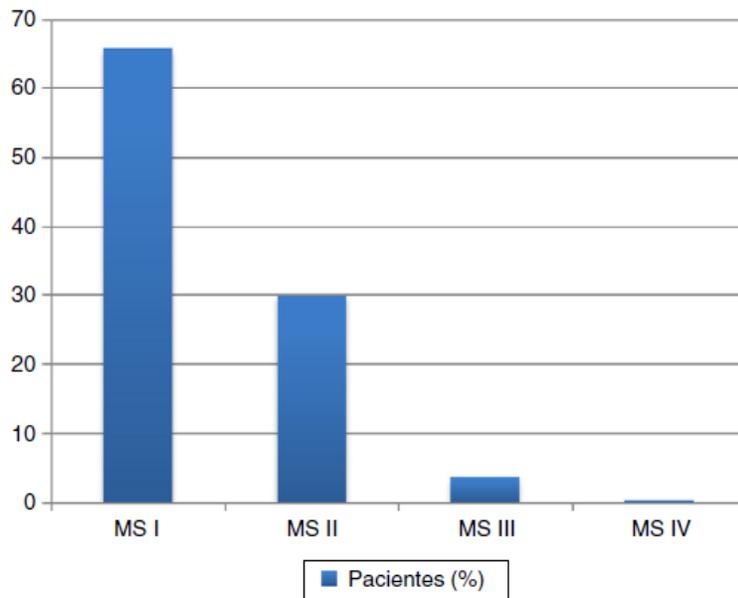


Figura 8. Puntuaciones de Mallampati de los pacientes

En este estudio la intubación difícil se presentó en 194 (7,4 %) pacientes. De estos, no se lograron intubar a 26 mujeres (7,7 %) y 168 hombres (7,4 %), y a 1910 pacientes se les preguntó sobre antecedentes de vía aérea difícil. Por otro lado, en el estudio se presentó intubación difícil en 25 (86,2 %) de los 29 (1,5 %) pacientes con historial de este problema y, de los otros puntos evaluados, se preguntó a 1913 pacientes sobre los problemas de movilidad cervical y se detectó en el 3,2 %. Por último, la DTM se midió también en 1913 pacientes, de los cuales 49 (2,6 %) evidenciaron DTM corta, y 40 (81,6 %) historial de intubación difícil (17).

En suma, según el análisis de regresión logística de los test preoperatorios para la escogencia de la intubación difícil que predijo el aumento en el grado de la clasificación de Mallampati, en este estudio se pudo evidenciar un aumento del 1,736 veces en la tasa de intubación difícil.

Intubación difícil	Valor p	Odds ratio
Puntuación de Mallampati	0,003	1,736
Puntuación de Cormack-Lehane	0,0001	6,159
Historial de vía aérea difícil	0,011	2,887
Restricción de la ADM cervical	0,0001	6,518
Masa en las cuerdas vocales	0,0001	2,968

Figura 9. Análisis de regresión logística de test de selección preoperatorios para intubación difícil

En conclusión, para este estudio, al considerar el antecedente o la historia de vía aérea difícil, el test de Mallampati en los grados III y IV, y la restricción de la movilidad de la articulación atlantoccipital o la movilidad cervical menor a 35 grados, la condición de intubación difícil pudo ser identificada con una mayor precisión en un 96,3 % de los casos (18).

Test de selección	Test de selección (%)			
	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
Puntuación de Mallampati	30,5	97,9	59,3	93,6
Puntuación de Cormack-Lehane	75,3	98	78,6	97,6
Historial de vía aérea difícil	21,5	99,7	86,2	92,5
Restricción de la ADM cervical	28,1	99,1	75,8	92
DTM corta	23,9	99,4	81,6	93,1
Masa en las cuerdas vocales	71,1	94,1	49,4	97,5

Tabla 15. Valor predictivo de test de selección preoperatorios para intubación difícil

En un trabajo publicado en el 2018 bajo el nombre “Comparison of Cormack-Lehane and Mallampati scores to predict difficult intubation in patients undergoing emergency surgery under general anesthesia”, se quiso comparar el valor predictivo con el que contaba la escala de Mallampati y el Cormack-Lehane, utilizados para la predicción de la intubación difícil en pacientes llevados a procedimientos quirúrgicos de emergencia (19).

Ante esto se puede señalar que la escala o clasificación de Mallampati ha sido ampliamente usada para predecir la intubación difícil, dado que esta evalúa correctamente la visibilidad de las estructuras faríngeas y la lengua siempre que los pacientes se hallan en posición de sedestación o sentado con una adecuada apertura bucal. Es así que esta registra una sensibilidad entre 65 % y 81 %, así como una especificidad entre 66 % y 82 % y un VPP de 8 % (19). Además, la clasificación se distingue con cuatro grados, donde el III y el IV se relacionan con la intubación difícil:

- Clase I: hay visualización del paladar blanco, la úvula y los pilares amigdalinos.
- Clase II: únicamente se visualizan el paladar blando y la úvula.
- Clase III: se pueden ver el paladar blando y la base de la úvula.
- Clase IV: no se visualiza el paladar blando.

Ahora bien, la clasificación de Cormack-Lehane se fundamenta en la evaluación de las estructuras anatómicas de la vía aérea al momento de realizar una laringoscopia directa, y para ello el paciente se debe acomodar en posición de olfateo, previo decúbito supino, a fin de asegurar una adecuada relajación neuromuscular. Su clasificación también es de cuatro grados:

- Grado I: se puede ver totalmente el anillo glótico (intubación muy fácil).
- Grado II: solo se ve la comisura o la mitad posterior del anillo glótico (cierto grado de dificultad).
- Grado III: únicamente se ve la epiglotis y no se ve el orificio glótico (intubación muy difícil, pero posible).
- Grado IV: no se observa, incluso, la epiglotis (intubación solo posible con técnicas especiales).

Al igual que el test de Mallampati para esta, los grados III y IV están comúnmente asociados a la dificultad para la intubación; e, igualmente, de acuerdo con tal clasificación, se determina que los grados III y IV se relacionan con la dificultad para la IET. Sin embargo, para esta revisión no se ha de tener en cuenta esta clasificación, pues se busca prever la intubación difícil antes de abordar la vía aérea del paciente y, como ya se mencionó, esta clasificación toma como base la visión directa de las estructuras anatómicas con ayuda de la laringoscopia difícil, lo que asegura previamente la posición adecuada y la relajación neuromuscular del paciente (19).

El estudio mencionado fue un artículo de corte transversal con un universo de 281 pacientes, trasladados a cirugía de emergencia bajo anestesia general, donde se utilizaron los siguientes criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de 18 años.
- Estado físico en niveles ASA I y II.
- Pacientes operados de emergencia bajo anestesia general.

Asimismo, como criterios de exclusión, se consideraron los descritos a continuación:

- IMC > 30.
- Pacientes obstétricas.
- Antecedente de cirugía que no permita la adecuada apertura bucal (cirugía ortognática, maxilofacial, cirugía por trauma facial, etc.).
- Artritis reumatoide.

De esa forma, se calcularon la sensibilidad, la especificidad, el VPP y el VPN para la intubación difícil de las escalas objetivo. Por otro lado, teniendo en cuenta la distribución de frecuencias como reporte de resultados de este estudio, se evidenció que el 50 % de los pacientes estudiados pertenecían al grado II en la escala de Mallampati, con lo que se obtuvo un predominio de baja dificultad durante el procedimiento de intubación; por ello, se reflejó un porcentaje de intubación fácil en el 97 % de los casos, y en los casos donde se presentó intubación difícil, estos se registraron como grados III y IV. Con ello, se asignó una sensibilidad de la escala de Mallampati de 62,5 %, con especificidad de 78,8 %, VPP de 7,9 % y VPN de 98,6 % en la muestra que se evaluó (19).

Como parte importante de los resultados obtenidos de este estudio, se debe mencionar la concordancia o la relación entre estas dos escalas que, de cierta manera, podrían indicar que los hallazgos o el grado de clasificación de Mallampati se relacionan con el grado de Cormack-Lehane. Así, se espera encontrar bajo la visión de la laringoscopia un grado de Cormack en relación con el Mallampati en el procedimiento evaluado, y se espera tomar las medidas meritorias para manejar la vía aérea. De ese modo, para este estudio se pudo dilucidar que el 54,5 % de las personas con grados III y IV de la escala de Cormack-Lehane, igualmente, correspondieron a la clasificación Mallampati en los grados III y IV, y que el 80 % de las personas con grados I y II de Cormack-Lehane estaban en la Mallampati en los grados I y II. En suma, se dio una relación, en términos estadísticos, significativa ($p < 0,01$) que demostró la concordancia entre ambas escalas, y se concluyó que hay una probabilidad cercana al 91 % de que la escala de Mallampati con una utilidad clínica en tal contexto (19).

	Cormack -Lehane	Mallampati
Especificidad	50%	78,8%
Sensibilidad	80,3%	62,5%
Valor predictivo positivo	12%	7,9%
Valor predictivo negativo	96,7%	98,6%
LR ⁺	2,94	1,6
LR ⁻	-0,001	-0,48

Tabla 16. Comparación de especificidad, sensibilidad, VPP y VPN de escalas Cormack-Lehane y Mallampati

En una revisión publicada en el año 2018 por Cochrane, de la cual hicieron parte 133 estudios (127 tipo cohorte y seis de casos y controles) que tuvieron a 844 206 participantes, se evaluaron siete pruebas: Mallampati, Mallampati modificada, escala de riesgo de Wilson (peso, movilidad de cabeza y cuello, movimiento mandibular, retroceso mandibular y dientes grandes y extruidos), DTM, distancia esternomentoniana, apertura de la boca y ULBT (20).

La ULBT para el diagnóstico de la laringoscopia difícil brindó la sensibilidad más alta, en contraste con las otras pruebas ($P < 0,001$), y el test de Mallampati modificado obtuvo la sensibilidad más alta en la intubación traqueal difícil, comparada con las otras pruebas ($P < 0,001$) (20). Aunado a esto, se concluyó que el test de Mallampati como predictor de intubación difícil tiene sensibilidad variable de 0,19 a 0,91 y especificidad de 0,62 a 0,98, con sensibilidad resumida de 0,51 (IC del 95 %: 0,40 a 0,61) y especificidad resumida de 0,87 (IC del 95 %: 0,82 a 0,91). Para la puntuación de riesgo de Wilson, la sensibilidad en este estudio fue de 0,47 (IC del 95 %: 0,23 a 0,72) y la especificidad fue de 0,92 (IC de 95 %: 0,84-0,96). Para la distancia esternomentoniana la sensibilidad varió de 0,31 a 0,60, y la especificidad de 0,63 a 0,90. Para la DTM la sensibilidad varió de 0,06 a 0,78, y la especificidad de 0,63 a 0,98. Igualmente, se estimó sensibilidad resumida de 0,24 (IC del 95 %: 0,12 a 0,43) y especificidad resumida de 0,90 (IC de 95 %: 0,80-0,96) (19). En cuanto a la ULBT, esta arrojó sensibilidad que varió de 0,34 a 0,91, y especificidad de 0,93 a 0,96. Para la apertura oral la sensibilidad varió de 0,00 a 0,51, y la especificidad de 0,76 a 0,99;

finalmente, se estimó una sensibilidad resumida de 0,27 (IC del 95 %: 0,16 a 0,41) y especificidad resumida de 0,93 (IC de 95 %: 0,87-0,96) (20).

Según lo anterior, el test de Mallampati modificado obtuvo la mayor sensibilidad y fue significativamente mayor que la prueba de apertura de la boca ($P < 0,001$) y la DTM ($P < 0,001$). La sensibilidad no fue significativamente diferente entre la apertura de la boca y la DTM ($P = 0,07$); la prueba de apertura oral mostró la mayor especificidad, que fue superior a la DTM y el test de Mallampati modificado; por último, la especificidad fue significativamente diferente para todas las comparaciones de prueba ($P < 0,001$) (19).

Para terminar, se debe señalar que la prueba adecuada para valorar la vía aérea en busca de la predicción de intubación difícil debe tener alta sensibilidad para identificar la mayor parte de los pacientes en los que la intubación, realmente, será complicada (verdaderos positivos) y, entre tanto, contar con un alto VPP, de manera que solo un poco cantidad de pacientes sea etiquetada así. De esa forma, los estudios citados y el análisis estructural en este trabajo como factores para prever el riesgo de intubación difícil se enfocan en el antecedente de la vía aérea difícil, la DTM menor a 6 cm, la ULBT, la apertura oral menor a 4 cm, el *score* de Mallampati y la extensión cervical o Bellhouse-Dore.

10.1 DSG

Son dispositivos que se introducen a ciegas en la faringe para proporcionar un conducto permeable para la ventilación, la oxigenación y el suministro de gases anestésicos sin la necesidad de intubación traqueal. Estos proporcionan una vía aérea más definitiva que una mascarilla y pueden usarse para ventilación espontánea o ventilación con presión positiva; son dispositivos de rescate de la vía aérea y, según su diseño, pueden utilizarse como conductos para la intubación traqueal. No obstante, entre sus desventajas se tienen las presiones de sellado más pequeñas que los tubos endotraqueales, lo que puede conducir a una ventilación ineficaz cuando se necesitan presiones más altas de la vía aérea, pues no se proporciona la protección frente al laringoespasma.

10.2 Máscara laríngea clásica (LMA)

Fue desarrollada por Archie Brain y se introdujo en la práctica clínica en 1988; está formada por una mascarilla de silicona de forma ovalada con un manguito inflable que se asienta en la hipofaringe y forma un sellado alrededor de los tejidos periglóticos. Tal sellado permite el suministro de oxígeno y anestésicos inhalatorios durante la ventilación espontánea y una ventilación con presión positiva hasta los 20 cm H₂O. La LMA es reutilizable hasta 40 veces y está disponible en distintos tamaños.

Dentro de los parámetros de la técnica de introducción de la máscara laríngea, para lograr un ajuste adecuado, el fabricante recomienda colocarla de mayor tamaño posible: una máscara demasiado pequeña se asocia a mayores tasas de fallo en la colocación y, adicionalmente, esta puede provocar la hiperinsuflación del manguito para lograr el cierre adecuado, maniobra que puede generar mayor morbilidad orofaríngea y daño nervioso. Por otro lado, los tamaños más grandes pueden asociarse a leves lesiones bucales, faríngeas o laríngeas.

Para su colocación es necesario lograr una adecuada profundidad anestésica, a fin de disminuir la incidencia de tos, náuseas, laringoespasmos o broncoespasmos. Antes de la

introducción, se debería desinflar el manguito de la LMA y lubricar su cara posterior; una vez colocada, se debe inflar el manguito con el mínimo volumen de aire eficaz de acuerdo con el tamaño del dispositivo, con una presión objetivo del manguito de 40 a 60 cm H₂O. Una vez introducida, la evaluación de la correcta colocación se logra al proporcionar la ventilación con presión positiva, con lo que se deberían lograr volúmenes corrientes suficientes con presiones inspiratorias máximas razonables. Así, la presión de fuga debería ser superior a 20 cm H₂O y la forma de onda de la capnografía debería ser normal.

Tras la colocación de una LMA, la dificultad inicial con la ventilación puede deberse a una epiglotis plegada hacia abajo, la cual se puede corregir con la técnica descrita por el Dr. Brain mediante el retiro de 2 a 4 cm, y luego se vuelve a introducir sin desinflar el manguito. Otra opción implica mejorar la extensión de la cabeza, de modo que la recolocación de la LMA pueda mejorar la ventilación ineficaz. De persistir el problema, puede ser necesario utilizar una máscara de tamaño diferente.

10.3 Intubating laryngeal mask airway (ILMA)

Es un dispositivo de un solo uso que se introdujo en 1997. Consiste en la mascarilla, que tiene la misma forma que la LMA clásica, y cuenta con un eje de acero inoxidable de 13 mm de diámetro interno que permite introducir un tubo endotraqueal con un diámetro interno de hasta 8,5 mm.

10.4 LMA ProSeal

Es un DSG de segunda generación, reutilizable, que incorpora un manguito posterior para mejorar el sellado perilaringeo y permite una ventilación con presión positiva de hasta 30 cm H₂O. Este incorpora también un tubo de drenaje para acceso gástrico a través de sonda orogástrica. La técnica de introducción tiene semejanzas con la de la cLMA, aunque requiere niveles anestésicos más profundos pues, al igual que con la cLMA, la presión del manguito no debe exceder los 60 cm H₂O.

10.5 LMA Supreme

DSG de segunda generación de único uso que tiene un mejor diseño de manguito que produce presiones de fuga más altas en la vía aérea, una sonda de drenaje que permite el acceso gástrico y un protector de mordidas integrado. Los dispositivos de segunda generación reducen el riesgo de broncoaspiración y mejoran el sellado de la vía aérea, por lo que son más útiles que la LMA en pacientes obesos y en posiciones diferentes al decúbito supino y en cirugía laparoscópica.

10.6 LMA Protector

Dispositivo de segunda generación compuesto totalmente de silicona con tecnología integrada Cuff Pilot que permite la vigilancia constante de la presión del manguito. Está diseñada para canalizar los líquidos lejos de la vía aérea en la situación improbable de regurgitación y permite la aspiración gástrica. El canal de la vía aérea es lo suficientemente ancho para permitir la IET con tubos de tamaño habitual.

10.7 LMA Gastro

Máscara de silicona de un solo uso diseñada para las intervenciones endoscópicas de las vías digestivas altas; esta protege simultáneamente la vía aérea y facilita el paso del endoscopio.

10.8 Selladores faríngeos con manguito

Se caracterizan por tener una vía aérea con un manguito faríngeo que se sella a la altura de la base lingual. Estos dispositivos se pueden subclasificar según la existencia de un manguito para el sellado esofágico. Ahora bien, entre los dispositivos con solo un manguito faríngeo, se tienen el Cobra Perilaryngeal Airway y el Tulip Airway; y entre los que tienen un manguito para sellado esofágico están el Combitube esofagotraqueal (CET), el Rüsç EasyTube y el tubo laríngeo King.

10.9 CET

Es un dispositivo de vía aérea de doble lumen (faríngeo y traqueal) y doble manguito para intubación de emergencia. El manguito orofaríngeo está ubicado en la parte media del tubo, y el manguito traqueoesofágico está ubicado en el extremo distal del tubo. Distalmente, el lumen faríngeo está bloqueado y tiene ocho perforaciones entre los manguitos, las cuales permiten la ventilación en caso de alojarse a nivel hipofaríngeo; mientras que el lumen traqueoesofágico está abierto para que se dé la ventilación si la punta se ubica a nivel traqueal. Está disponible en dos tamaños: 37 y 41 *french*.

10.10 Técnica de inserción a ciegas y con laringoscopia

El Combitube está indicado principalmente para controlar las vías respiratorias de emergencia, por lo que puede ser utilizado por personal relativamente inexperto en ámbito hospitalario y extrahospitalario. El uso del Combitube se contraindica para pacientes con reflejos nauseosos intactos, obstrucción de vía aérea central, ingesta de sustancias cáusticas y patología esofágica superior conocida (divertículo de Zencker). Asimismo, el inflado excesivo del balón esofágico puede provocar lesiones traumáticas, como laceraciones o perforaciones esofágicas y obstrucción de las vías respiratorias.

10.11 EasyTube

Es un DSG similar al Combitube y se desarrolló con el fin de mejorar el rendimiento de este; su introducción al mercado se llevó a cabo en 2003. El dispositivo consta de un tubo de doble lumen, estéril, de un solo uso, que proporciona una ventilación eficaz cuando se coloca en el esófago o la tráquea, y se puede insertar a ciegas o con un laringoscopia.

Tal inserción a ciegas se realiza de manera similar al Combitube. La ventilación debe probarse primero a través del tubo de color más largo que conduce a la luz esofágica, debido a la alta probabilidad de que el EasyTube se aloje en el esófago después de la inserción a ciegas. El aire pasa a la faringe y, de allí, sobre la epiglotis a la tráquea, porque los manguitos bloquean la boca, la nariz y el esófago; así, en la posición esofágica, la luz transparente puede usarse para insertar una sonda gástrica.

En cuanto a los manguitos faríngeo y distal, estos se inflan con 80 y 10 ml de aire, respectivamente, para lo que se utilizan las dos jeringas precargadas. Si no se escuchan ruidos respiratorios sobre los pulmones en presencia de insuflación gástrica, lo más probable es que el EasyTube se haya colocado en la tráquea. En tal situación, la ventilación se cambia al tubo transparente más pequeño que conduce a la luz traqueal y la posición se confirma nuevamente mediante auscultación.

EasyTube se encuentra disponible en dos tamaños: 28 y 41 fr., y sus contraindicaciones son las mismas que las del Combitube; así, aunque no se han reportado complicaciones importantes asociadas a su uso, estas pueden ser similares a las del Combitube. Finalmente, para los predictores de ventilación/inserción difícil con DSG se revisó la evidencia más reciente. Cabe resaltar que estos pueden ser compartidos con los predictores para intubación o laringoscopia difícil, como se resume en la siguiente imagen.

Variables perioperatorias

Masculino

Edad > 45 años

Distancia tiromental corta

Movimientos limitados del cuello

Tabla 17. Predictores de ventilación/inserción difícil con DSG

La inserción difícil de un DSG está dada por la cantidad de intentos para la colocación, el tiempo que toma insertarlo de forma adecuada y el trauma durante la colocación (21). Los DSG son un pilar fundamental para manejar la vía aérea, dado que se utilizan de forma rutinaria y forman parte de los algoritmos y sistemas más importantes para su manejo. Su uso tiene éxito la gran mayoría de veces en el primer intento y dentro de las complicaciones comunes está la falla en la inserción o la falta de sello asociado al laringoespasmo.

Ahora bien, dentro de los estudios, la tasa de falla para la inserción de la máscara laríngea representa entre el 1 y el 2 %; no obstante, estos estudios son realizados por los mismos desarrolladores de los productos, por lo cual puede haber sesgos. Como definición de inserción de un DSG, se reconoce la incapacidad para su colocación luego de tres intentos (dos intentos realizados por un mismo dispositivo y un tercer intento realizado por otro dispositivo) (22,23).

En el 2016, Taito y cols. publicaron una revisión para generar una puntuación con el fin de predecir una inserción difícil de DSG que incluyó hombres (OR 1,75, IC del 95 % = 1,07–2,86, $P = 0,02$) con un valor de 1 punto; la edad > 45 años (OR 1,70, IC del 95 % = 1,01–2,86, $P = 0,04$) con un valor de 1 punto; la DTM corta (OR 4,35, IC del 95 % 2,31 a 8,17, $P < 0,001$) con un valor de 3 puntos, y el movimiento limitado del cuello (OR 2,75, IC del 95 % = 1,02–7,44, $P = 0,04$) con un valor de 2 puntos. Así, se dieron dos tipos de riesgo,

bajo (0-3 puntos) y alto (4-7 puntos), al tener en cuenta también los resultados de estudios previos realizados para predictores de intubación difícil (24). En la literatura y los libros de texto referentes se toma, además, la pobre dentición y el IMC elevado (10).

10.12 VDM

La ventilación difícil se define como la incapacidad que presenta un anesestesiólogo con experiencia para asegurar una saturación de oxígeno mayor a 90 % al utilizar una mascarilla facial y al contar con una fracción inspirada de oxígeno al 100 %; esta situación se presenta hasta en 0,1 % de los pacientes. Es una complicación que debe evitarse por medio de la práctica del correcto manejo de la vía aérea, con la evaluación de las características clínicas del paciente y la coexistencia de patologías que restrinjan la ventilación, a fin de tomar medidas terapéuticas oportunas, en consonancia con el caso (19).

En ese sentido, la oxigenación o ventilación con máscara facial es una maniobra que el profesional envuelto en las intervenciones sobre la vía aérea debe manejar y perfeccionar, dado que esta garantiza una correcta ventilación y, por ende, una oxigenación a los pacientes en las circunstancias que requieran la intervención sobre la vía aérea, ya sea para procedimientos quirúrgicos electivos, de urgencia o situaciones fuera de las salas de cirugía, como los servicios de reanimación y/o los pacientes críticos (25).

La ASA ha conceptualizado la VDM como “la incapacidad de un anesestesiólogo para hacer una correcta ventilación por alguno o varios de las siguientes complicaciones: inadecuado sello de la máscara, excesiva pérdida de gas o excesiva resistencia al ingreso o egreso de gases frescos”. Además, esta menciona los signos clínicos de una inadecuada ventilación con este dispositivo, los cuales se señalan a continuación.

- Ausencia o mínima incursión torácica.
- Falta de ruidos respiratorios.
- Auscultación de sonidos de obstrucción grave de la vía aérea.
- Distensión gástrica.
- Caída de la saturación de O₂.
- Ausencia o incorrecta aparición de capnografía o gases espirados y bucles espirométricos.
- Aparición de cambios hemodinámicos consecutivos a la VDM.

Sin embargo, se ha considerado la definición anterior como vaga y falta de abordaje de aspectos importantes en la vía aérea, fue por ello que Langeron et al. (2000) propusieron los siguientes criterios de la VDM:

- Incapacidad de mantener la saturación de O₂ arriba de 92 %.
- Utilización del *flush* de oxígeno en dos oportunidades.
- Ventilación con dos operadores.
- Necesidad de cambiar el operador.

A pesar de lo anterior, en el año 2006 Khetherpal et al. sugirieron que la VDM era inadecuada, así como la necesidad de utilizar dos operadores (25). Posteriormente Han et al. publicaron una definición donde se explicaban los diferentes grados de dificultad para la

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

VDM con una clasificación ascendente desde el grado 0 al 4, conocida hoy día como la escala de Han, la cual sigue estando vigente (25).

Clasificación	Descripción
Grado 0	Ventilación con máscara no intentada
Grado 1	Ventilable con máscara
Grado 2	Ventilable con máscara con cánula orofaríngea
Grado 3	VDM (inadecuada, inestable, 2 operadores)
Grado 4	No ventilable con máscara

Tabla 18. Escala de Han

Por otro lado, se han descrito múltiples factores dependientes del paciente, algunos modificables, otros no. Estos, en circunstancias no infrecuentes, son causa de dificultad para la VDM, como sucede con los siguientes:

- Obesidad.
- Edad mayor a los 65 años.
- Género masculino.
- Mallampati en niveles III y IV.
- Grado de protrusión mandibular.
- Historial de pnea obstructiva del sueño.
- IMC mayor a 30.
- Circunferencia cervical mayor a 40 cm.

Es de mencionar que se publicó un estudio en la Revista *Anesthesiology*, donde se describió un estudio prospectivo con una duración de seis meses donde se incluyeron 1502 pacientes, quienes fueron llevados a cirugía bajo anestesia general. De ellos, 613 (41 %) tuvieron cirugía abdominal; 474 (31 %), cirugía ortopédica; 214 (14 %), cirugía ginecológica; 130 (9 %), neurocirugía, y 71 (5 %), cirugía urológica. Asimismo, se excluyeron los pacientes sometidos a anestesia regional y quienes presentaron contraindicaciones para la ventilación con máscara, como los pacientes a quienes se les realizó una secuencia de inducción rápida o una intubación mientras estaban despiertos (26). Adicionalmente, se recolectó información en relación con los siguientes factores:

- Peso, talla e IMC.
- Retracción mandibular.
- Falta de dentición.
- Presencia de barba.
- Macroglosia.
- DTM (en milímetros).
- Apertura oral (en milímetros).
- Historia de ronquidos habituales.

En lo que respecta a los resultados, se informó una VDM en 75 pacientes (5 %; IC 95 %, 3,9 - 6,1 %), con solo un caso de ventilación imposible; según este estudio, la VDM se caracterizó en seis posibles escenarios:

Variable	n (%)
Important gas flow leak from the face mask	42 (56%)
Necessity to perform a two-handed mask ventilation technique	36 (48%)
Necessity to increase the gas flow above 15 l/min and to use oxygen flush valve more than twice	24 (32%)
No perceptible chest movement	18 (24%)
Sp _O ₂ < 92%	11 (15%)
Change of operator required	9 (12%)
One variable	38 (51%)
Two variables	21 (28%)
Three or more variables	16 (21%)

Tabla 19. Escenarios VDM

Según este estudio, los criterios que presentaron datos significativamente asociados para la VDM fueron los siguientes:

- Edad mayor a 55 años.
- IMC > 26 kg/m².
- Ausencia de dientes.
- Antecedentes de ronquido y presencia de barba.

Variables	Odds Ratio (95% CI)	P Value
Presence of beard	3.18 (1.39–7.27)	0.006
Body mass index > 26 kg/m ²	2.75 (1.64–4.62)	<0.001
Lack of teeth	2.28 (1.26–4.10)	0.006
Age > 55 yr	2.26 (1.34–3.81)	0.002
History of snoring	1.84 (1.09–3.10)	0.02

Tabla 20. Identificación de los factores de riesgo para VDM

Asimismo, los factores de riesgo mencionados en la Tabla 16 se agruparon para determinar el valor predictivo adecuado para la VDM, lo que arrojó los valores de sensibilidad y especificidad (26).

Number of Criteria	Sensitivity	Specificity	Positive Predictive Value	Negative Predictive Value
1	0.92	0.38	0.07	0.99
2	0.72	0.73	0.12	0.98
3	0.35	0.91	0.17	0.96
4	0.07	0.99	0.24	0.95
5	0.00	1.00	0.00	0.95

The criteria of the DMV prediction score were the following: age older than 55 yr, body mass index > 26 kg/m², lack of teeth, history of snoring, and presence of a beard (n = 1,502).

Tabla 21. Sensibilidad y especificidad para VDM

Con esto, se determinaron la sensibilidad y la especificidad para cada uno de los predictores, además de su VPP y VPN, razón por la cual son estos los predictores que se han de incluir en la aplicación y que podrían ayudar a predecir de manera más fiable la VDM.

11 Aplicaciones móviles

Las aplicaciones móviles se presentaron por primera vez en los 90 con la evolución los teléfonos celulares a teléfonos inteligentes por IBM en 1993. Más tarde, en 1996, Nokia, empresa escandinava, presentó su teléfono móvil 3600 con la aplicación exitosa Snake, perteneciente a la división de juegos. Hacia el 2002, la empresa BlackBerry lanzó su dispositivo móvil, que incluía la opción de revisar el e-mail. En el 2007, Apple lanzó el iPhone con la App Store que ofrecía para ese entonces 500 aplicaciones para descargar. En este punto, se debe aclarar que una aplicación móvil (app) se define como un *software* o programa desarrollado en una computadora que se puede ejecutar en un dispositivo móvil, bien sea un teléfono inteligente, una *tablet* u otro dispositivo.

Por otro lado, las tecnologías en salud son todas las intervenciones que pueden usarse para la promoción de la salud, para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, para rehabilitar y los cuidados a largo plazo. Lo anterior incluye procedimientos médicos y cirugías en la atención médica, medicamentos, dispositivos y sistemas organizacionales en cuidados de la salud (Minsalud). A diferencia de la e-salud, que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) define como el uso de las TIC aplicadas a la salud, estas pueden tener otras definiciones extrapolables, como la telemedicina.

Así las cosas, dentro del desarrollo de la aplicación se decidió usar herramientas y tecnologías Low-Code/No-Code, que a su vez son aplicaciones que facilitan, mediante interfaces de fácil uso, el desarrollo de *softwares* como el que se está proponiendo, sin tener los conocimientos profundos requeridos para la programación habitual de una aplicación.

11.1 Thinkable

Es un tipo de plataforma que no requiere código y que permite la creación de aplicaciones móviles nativas sin tener la necesidad de escribir un código; su interfaz de funcionamiento se basa en lo que se denomina “programación basada en bloques”, como una forma de referirse a piezas que encajan sobre otras y que se orientan hacia la creación de eventos o acciones específicas. Según lo anterior, se podría entender este lenguaje de programación por bloques como la forma de indicarle al “cerebro” del dispositivo móvil lo que se desea que este haga y cómo debe hacerlo.

Esta modalidad de creación basada en arrastrar y acomodar los bloques para determinar las diferentes acciones o los comandos hace que sea sencillo dar rienda suelta a la innovación y crear rápidamente las soluciones móviles; por ello, Thinkable se ha considerado como la plataforma que ha cambiado el modo en que se desarrollan aplicaciones para dispositivos móviles y tabletas.

Impacto de las aplicaciones móviles en la medicina

Las aplicaciones móviles relacionadas con la medicina han tenido un impacto sin precedentes no solo para los profesionales de la salud, sino también para los estudiantes y los mismos pacientes, pues la cantidad de datos que se puede encontrar en segundos es invaluable. Además, las aplicaciones también tienen impacto directo sobre la salud de la gente, por ejemplo, los relojes inteligentes son capaces de detectar la frecuencia cardíaca y las arritmias potencialmente mortales y advertir a la persona que lo está usando.

La industria de la tecnología ha invertido grandes cantidades de dinero; por ejemplo, en el 2017 se dieron 45 millones de dólares para el mejoramiento y el desarrollo de aplicaciones con información actualizada y con sustento bibliográfico veraz que permitiera a los estudiantes tener a la mano herramientas de estudio de buena calidad. Así, dentro de estas aplicaciones está Uptodate, una plataforma que contiene información sobre las enfermedades de tipo fisiopatológicas, tratamientos, imágenes, algoritmos de manejo y diagnóstico, etc.

Más aún, dentro de las estadísticas de uso de las aplicaciones en Europa y Canadá se observó que la mayor parte de los estudiantes de medicina usan la aplicación móvil para libros de texto en línea (70 %), podcasts médicos (60 %), calculadora médica (75 %), conferencias en línea (50 %) y toma de notas (45 %). Adicionalmente, estudios relevantes concluyen que la mayoría de los estudiantes utilizan teléfonos inteligentes para la educación (62,7%), la comunicación (81,7%) y la recreación (82,5%), (27), con lo que se demuestra la utilidad de desarrollar nuevas aplicaciones para la comunidad médica.

12 Organigrama



13 Cronograma

		Año inicio/ mes inicio	Duración en meses
--	--	---------------------------	-------------------

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

	Actividades	Responsables		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	Selección de tema de trabajo	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2020/ 04												
	Desarrollo pregunta de investigación y objetivos	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2020-2021												
2	Desarrollo de marco teórico	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2021												
	Desarrollo de protocolos	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2021-2022												
3	Desarrollo de la aplicación	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2022/ 06												
	Prueba de la aplicación	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2022/ 08												
4	Análisis de los resultados	Dr. Ricardo Linares Dr. Pedro Salamanca	2022/ 09												

14 Presupuesto

Eolus App

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Ítem	Valor	Cantidad	Unidad medida	Total inversión
Internet móvil	\$ 55.000	36	Mes	1 980 000
Desarrollo aplicación	\$ 4.030	521	Hora	2 098 824
Publicación aplicación web	\$ 45	1	USD*	194 705
TOTAL				4 273 529

*Tasa Representativa del Mercado (TRM) = COP 4 326,77 por USD

15 Resultados

Las pruebas de la aplicación se desarrollaron en dos escenarios: una prueba realizada por los desarrolladores del estudio donde se comparó la evaluación de la vía aérea en la práctica clínica en un universo de 20 pacientes. Para ello se registraron los parámetros de evaluación o predictores definidos junto con la dificultad para el manejo de la vía aérea y,

posteriormente, estos datos fueron contrastados con el resultado arrojado por la aplicación. El resultado obtenido fue un porcentaje de acierto de 60 %, donde la aplicación predijo de manera confiable la dificultad para el manejo de la vía aérea con respecto a la VDM, la intubación difícil o la inserción/VDM.

Pacientes evaluados - dificultad en el manejo de la vía aérea	Protocolos Eolus App	
No	Sí	Falso
Sí	Sí	Verdadero
No	Sí	Falso
No	No	Verdadero
No	Sí	Falso
Sí	Sí	Verdadero
No	No	Verdadero
Sí	Sí	Verdadero
Sí	No	Falso
No	No	Verdadero
Sí	Sí	Verdadero
No	Sí	Falso
No	Sí	Falso
Sí	Sí	Verdadero
Sí	Sí	Verdadero
Sí	No	Falso
Sí	Sí	Verdadero
Sí	Sí	Verdadero
No	Sí	Falso
No	No	Verdadero

Tabla 22.

Fuente: elaboración propia.

El segundo método de evaluación se basó en la prueba y la calificación de la herramienta por parte de los médicos especialistas en anestesiología y medicina de emergencias, los residentes del programa de anestesiología de la institución y de programas de otras instituciones, y los estudiantes de últimos semestres (XI-XII) de medicina, a quienes se les enviaron el link de la prueba vía web y un formulario de calificación con seis preguntas cerradas y una sección de sugerencias y comentarios. Lo anterior, para conocer de manera más objetiva la experiencia con el uso de la aplicación en cuanto a su utilidad en la práctica clínica como herramienta académica y laboral, su calidad visual, su facilidad de manejo, entre otros aspectos. El desarrollo de esta fase de prueba se planteó con un universo de 22 calificadores, de quienes se obtuvo un 100 % de participación.

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

22 respuestas

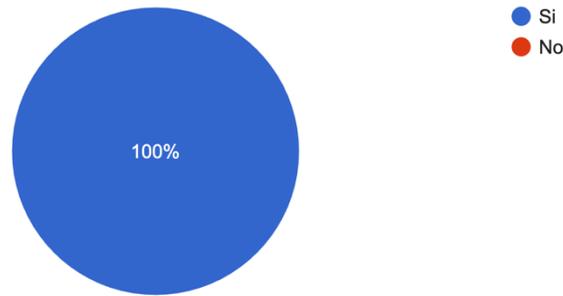


Figura 10. Considera que los predictores de vía aérea utilizados predicen de manera integral la dificultad en el manejo de la misma?

22 respuestas

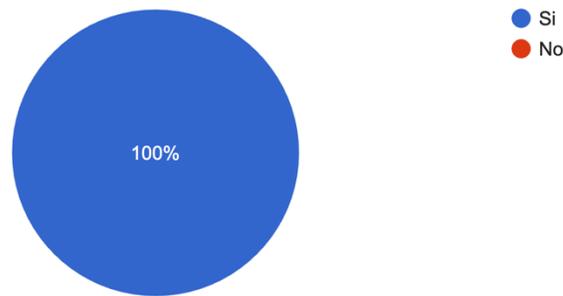


Figura 11. ¿Encuentra bien desarrollados los protocolos de manejo presentados?

22 respuestas

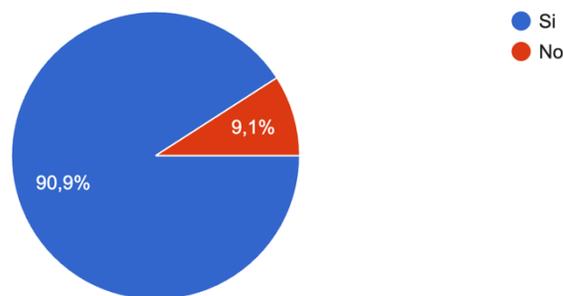


Figura 12. ¿El uso la aplicación le ayudo en la toma de decisiones sobre el manejo de la vía aérea en algún escenario)

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

22 respuestas

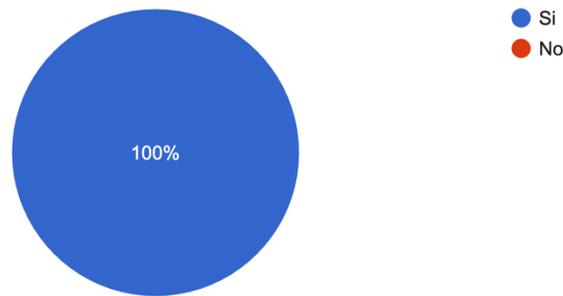


Figura 13. ¿El manejo de la aplicación le resulto sencillo?

22 respuestas

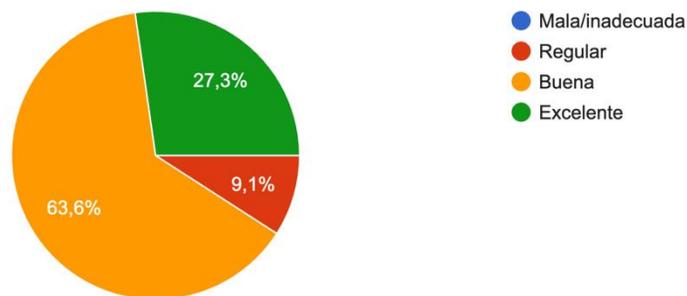


Figura 14. ¿considera que la presentación de la aplicación respecto a su calidad visual es?

22 respuestas

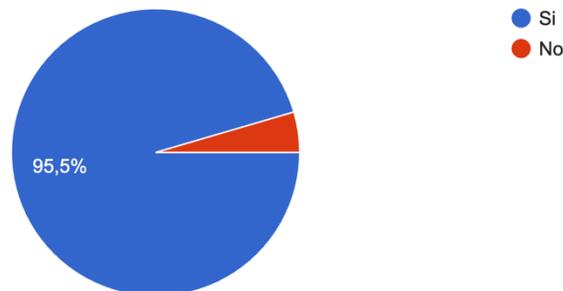


Figura 15. ¿Los protocolos son fáciles entendibles?

Los resultados de la encuesta sobre el manejo de la aplicación arrojaron que el 100 % del corte de evaluación estuvo de acuerdo con que los predictores de vía aérea incluidos fueron los correctos; asimismo, el 100 % de los evaluadores consideró que los protocolos de manejo desarrollados y presentados se encontraban bien estructurados, además de que el manejo de la aplicación había resultado sencillo. Para el 95,5 % de los casos, los protocolos fueron fácilmente entendibles, y un punto a recalcar es que la aplicación fue útil para la tomar

decisiones en cuanto a manejar la vía aérea durante la práctica clínica para el 90,9 % de los encuestados. No menos importante; la interfaz visual fue calificada como excelente para el 27,3 % de los encuestados, buena para el 63,6 % y regular para el 9,1 % de la corte evaluatoria.

16 Discusión

El presente trabajo de revisión sistémica de la literatura brinda una concepción amplia y detallada de cómo el uso de los predictores para manejar la vía aérea se ha convertido en un tema bastante discutido y con amplios estudios, en tanto que impacta en la morbi-mortalidad de los pacientes que son llevados a procedimientos quirúrgicos, ya sea de manera electiva o urgente; por eso, a lo largo del tiempo se han venido estudiando cuáles son los predictores como características propias de los pacientes que brindan mayor sensibilidad y especificidad para prever cualquier grado de dificultad en el momento de tomar la vía aérea.

Después de la revisión de la literatura, la cual permitió establecer los predictores de manejo de la vía aérea con más sensibilidad y especificidad para prever el riesgo de enfrentar una VDM, la intubación difícil o la inserción/ventilación difícil con DSG, se inició la creación de la aplicación móvil, la cual se llamó Eolus App. Esta se basó en la programación por bloques, con lo que arrojó un aplicativo de buena calidad visual y fácil manejo para la mayoría de los encuestados, por lo que se pudieron incluir los predictores de manejo de la vía aérea con más evidencia, y con los que la corte evaluadora estuvo de acuerdo. Además, fue posible desarrollar y presentar los protocolos de manejo de manera organizada, con lo que se consiguió el 100 % de satisfacción.

En ese orden de ideas, el desarrollo de esta aplicación para manejar la vía aérea se convierte en una herramienta útil en la práctica diaria no solo para los especialistas y anesthesiólogos que se enfrentan al manejar la vía aérea, sino también para aquellos trabajadores en medicina de urgencias y médicos generales. Igualmente, esta aplicación se plantea como una herramienta académica para médicos en formación.

De ese modo, es posible actualizar los predictores de vía aérea en la aplicación, por cuanto día a día la investigación arroja estudios y medidas antropométricas o características de los pacientes que pueden llegar a ser más sensibles y específicas; sin embargo, según los resultados obtenidos de la fase de evaluación en 20 pacientes, esta aplicación tiene un acierto del 60 % con respecto a la predicción de posibles dificultades en el manejo de la vía aérea. De igual manera, en el contexto de la evaluación por una corte de 22 evaluadores, se puede dar por cierto que la aplicación es una herramienta útil de trabajo en la práctica diaria y una ayuda académica de reciente desarrollo que está presta a ser actualizada al margen de los nuevos estudios –por ahora inconclusos– sobre vía aérea, lo que puede ser complementado con otros temas que involucran el manejo de tal vía.

Como limitaciones de este proyecto, se deben tener en cuenta la nula experiencia de sus desarrolladores en el campo de la ingeniería y el desarrollo de aplicaciones móviles; no obstante, esto no fue un impedimento para crear una herramienta visualmente atractiva, de fácil manejo y con un alto soporte académico para la comunidad médica.

17 Conclusiones

1. Al reunir los predictores de vía aérea con mayor sensibilidad y especificidad en la aplicación Eolus App y según la revisión bibliografía realizada, esta puede prever el riesgo de dificultad en el manejo de la vía aérea con un 70 % de efectividad.
2. A pesar de que existen otros métodos para la evaluación de la vía aérea (la radiografía, la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética nuclear), estos generan costos y no se encuentran disponibles en todos los centros hospitalarios o extrahospitalarios; por esta razón, Eolus App se convierte en una herramienta de fácil acceso que puede formar parte importante para la toma de decisiones en el manejo de la vía aérea.
3. La revisión de la literatura realizada es una síntesis estructurada con respecto a los predictores de manejo de la vía aérea con más sensibilidad y especificidad, los cuales permiten prever las dificultades en el manejo de esta.
4. La aplicación Eolus App tiene un sólido soporte académico, es de fácil manejo y brinda información adecuadamente estructurada y entendible para sus usuarios.
5. El desarrollo de la aplicación es una idea novedosa y reciente que busca impactar sobre el desenlace y la disminución de la morbilidad y la mortalidad, relacionadas con las dificultades que se pueden presentar en el manejo de la vía aérea.
6. El uso de la aplicación sirve como guía para la toma de decisiones al momento de abordar la vía aérea, siempre y cuando se presenten predictores para prever la dificultad en el manejo de esta.
7. La aplicación presenta amplias opciones de mejora basadas en actualizaciones paulatinas soportadas en la literatura que se encuentra en la investigación sobre el manejo de la vía aérea.
8. El desarrollo de esta aplicación permitió a sus autores sumergirse en el mundo de la tecnología encaminada hacia la medicina y comprender su gran potencial y la gran ayuda que esta representa para este campo de la ciencia.

18 Referencias

1. Apfelbaum J, Hagberg C, Caplan R, Blitt C, Connis R, Nickinovich D. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists task force on management of the difficult airway: an updated report American Society of Anesthesiologists task force on management. *Anesthesiology*. 2013; 118(2).
2. Frerk C, Mitchell V, McNarry A, Mendonca C, BR, Patel A. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*. 2015; 115(6).
3. Seo S. Predictors of difficult intubation defined by the intubation difficulty scale (IDS): predictive value of 7 airway assessment factors. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2012; 63(6).
4. Hagberg C. Hagberg and Benumof's Airway Management Philadelphia: Elsevier - Health Sciences Division; 2017.

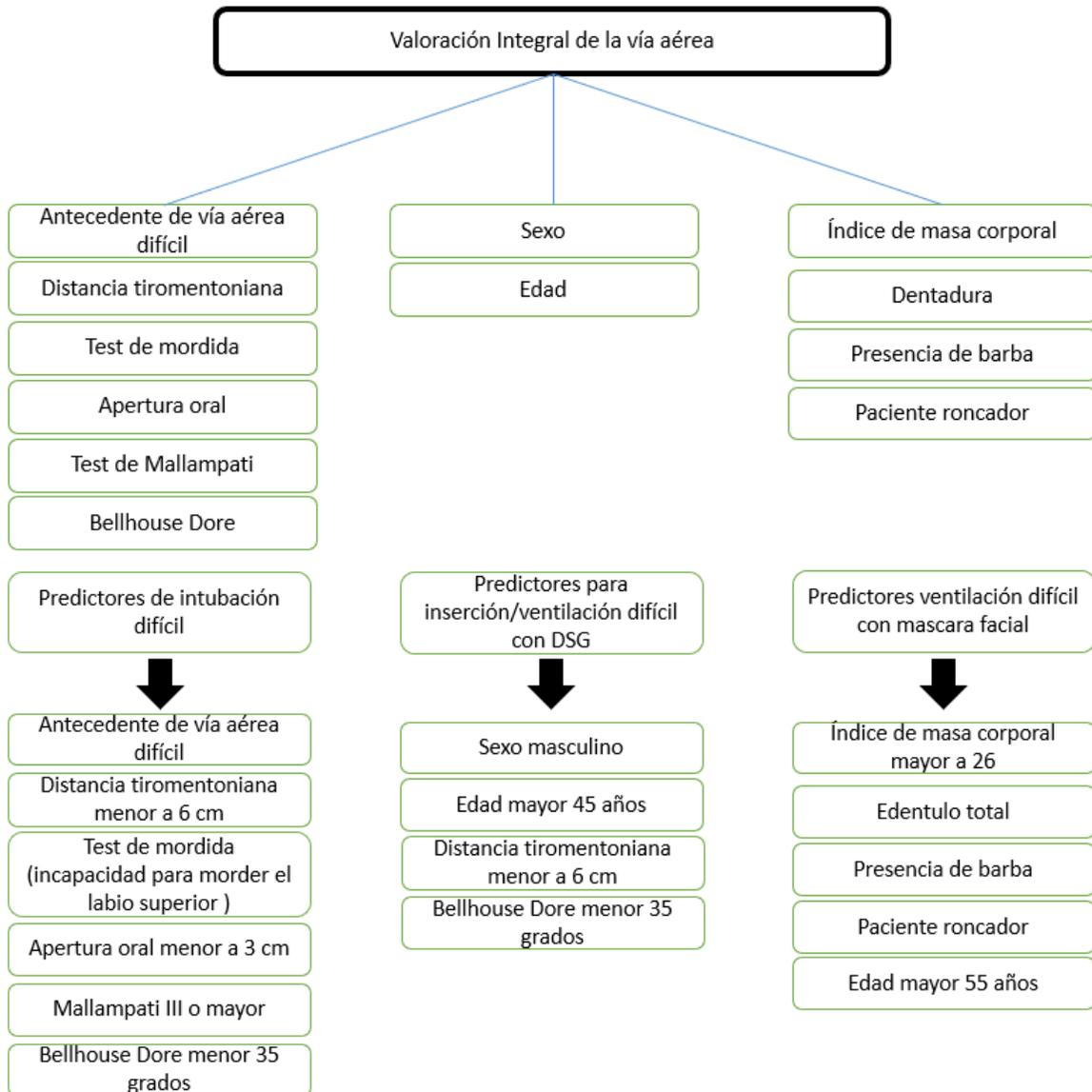
5. Gropper M, Eriksson L, Fleisher L, Wiener-Kronish J, Cohen N, Leslie K. Miller's Anesthesia Philadelphia, PA: Elsevier - Health Sciences Division; 2019.
6. West J, Luks A. West's respiratory physiology Baltimore, MD: Wolters Kluwer Health; 2020.
7. Charco-Mora P, Urtubia R, Reviriego-Agudo L. El modelo del vórtex: una aproximación diferente a una vía aérea difícil. Rev Esp Anesthesiol Reanim. 2018; 65(7).
8. El Hospital. ¿Qué hay de nuevo para un mejor manejo de la vía aérea en pacientes? [Online].; 2019. Available from: <https://www.elhospital.com/es/noticias/que-hay-de-nuevo-para-un-mejor-manejo-de-la-aerea-en-pacientes>.
9. Gómez M, Gaitini L, Matter I, Somri M. Guías y algoritmos para el manejo de la vía aérea difícil. Rev Esp Anesthesiol Reanim. 2018; 65(1).
10. S R, Mathis M, Tremper K, Shanks A, Kheterpal S. Predictors and clinical outcomes from failed laryngeal mask airway unique™: a study of 15 795 patients. Anesthesiology. 2012; 116(6).
11. Sistema Español de Notificación en Seguridad en Anestesia y Reanimación [SENSAR]. Manejo inadecuado de una vía aérea difícil. Caso SENSAR del trimestre. Rev Esp Anesthesiol Reanim. 2015; 62(6).
12. Echevarría-Correas M, González A, Rodrigo M. Vía aérea difícil, detección preoperatoria y manejo en quirófano. Rev Mex Anest. 2015; 38(2).
13. Mateos A, Navalpotro J, Pardillos L, Fernández J, Barragán J, Martínez E. Validity of airway predictors in outpatient medicine. An Sist Sanit Navar. 2014; 37(1).
14. Rincón D, Navarro R. Entubación con inducción de secuencia rápida: recomendaciones para el manejo de la vía aérea. Revista Colombiana de Anestesiología. 2004;(2).
15. Echevarría A, Autié Y, Hernández K, Díaz C, Sirvent Y. Pruebas predictivas para la evaluación de la vía aérea en el paciente quirúrgico. Rev Cuba Anesthesiol reanim. 2010; 9(3).
16. Fernández H, Pías S, Ocha S. Correspondencia entre test predictivos de vía aérea difícil y la laringoscopia directa. AMC. 2009 Junio; 13(3).
17. Ríos E, Reyes L. Valor predictivo de las evaluaciones de la vía aérea difícil. Trauma. 2005; 8(3).
18. Karakus O, Kaya C, Ustun F, Koksall E, Ustun Y. Valor predictivo de los test preoperatorios para estimar la intubación difícil en pacientes sometidos a la laringoscopia directa para la cirugía de oído, nariz y garganta. Braz J Anesthesiol. 2015; 65(2).

19. Sierra K, Miñaca D. Comparison of Cormack-Lehane and Mallampati scores to predict difficult intubation in patients undergoing emergency surgery under general anesthesia. *Revista médica - científica cambios hcam*. 2018; 17(1).
20. Pace R, Lee N, Hovhannisyán K, Warenits A, Arrich J, Herkner H. Airway physical examination tests for detection of difficult airway management in apparently normal adult patients (Review): *Cochrane Database of Systematic Reviews* ; 2018.
21. Roth D, Pace N, Lee A, Hovhannisyán K, Warenits A, Arrich J. Bedside tests for predicting difficult airways: an abridged Cochrane diagnostic test accuracy systematic review. *Anaesthesia*. 2019; 74(7).
22. van Esch B, Stegeman I, Smit A. Comparison of laryngeal mask airway vs tracheal intubation: a systematic review on airway complications. *J Clin Anesth*. 2017; 36.
23. Norskov A, Rosenstock C, Wetterslev JAG, Afshari A, Lundstrom L. Diagnostic accuracy of anaesthesiologists' prediction of difficult airway management in daily clinical practice: a cohort study of 188 064 patients registered in the Danis. *Anaesthesia*. 2015; 70.
24. Saito T, Chew S, Liu W, Thinn K, Asai T, Ti L. A proposal for a new scoring system to predict difficult ventilation through a supraglottic airway¹. *Br J Anaesth*. 2016; 117(1).
25. WFSA Resource Library. Ventilación difícil con máscara. [Online].; 2020. Available from: <https://resources.wfsahq.org/atotw/ventilacion-dificil-con-mascara/>.
26. Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology*. 2000; 92(5).
27. Latif M, Hussain I, Saeed R, Qureshi M, Maqsood U. Use of smart phones and social media in medical education: trends, advantages, challenges and barriers. *Acta Inform Med.* ; 27(2).

19 Anexos

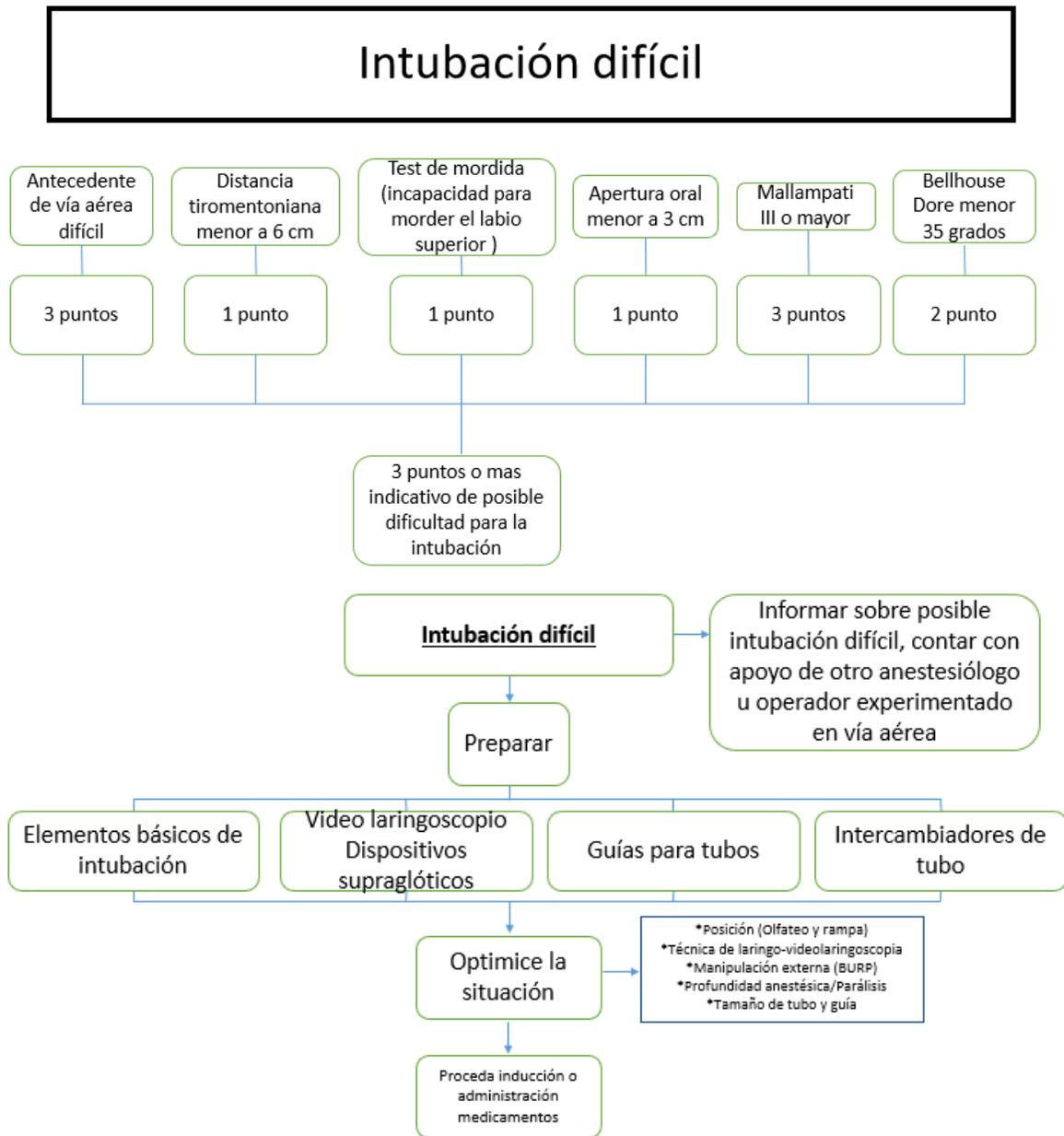
Anexo 1. Protocolos para manejo de la vía aérea

A continuación, se presentan los protocolos de manejo de la vía aérea desarrollados para su presentación en la aplicación móvil.



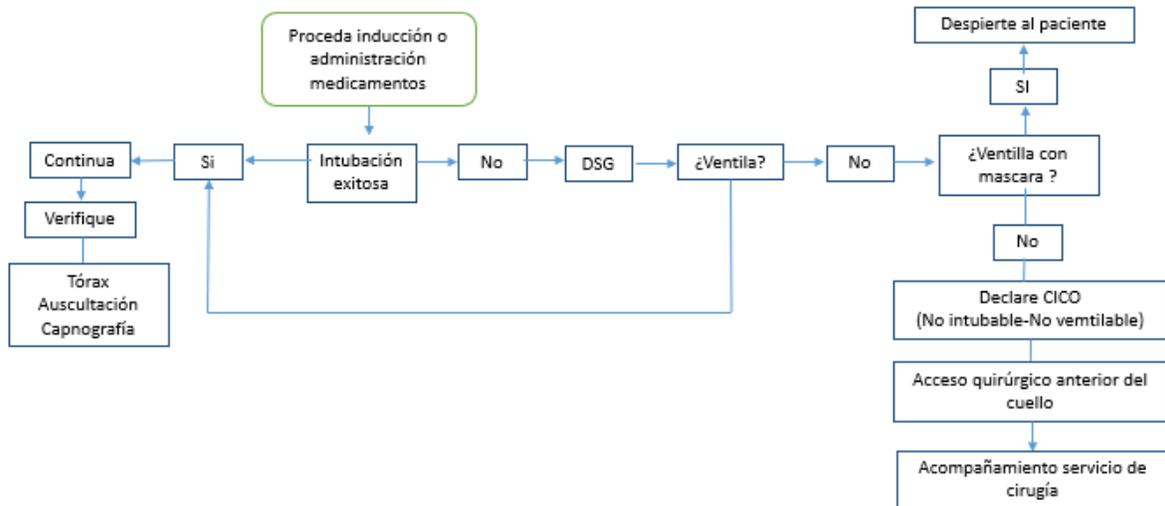
Protocolo

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes



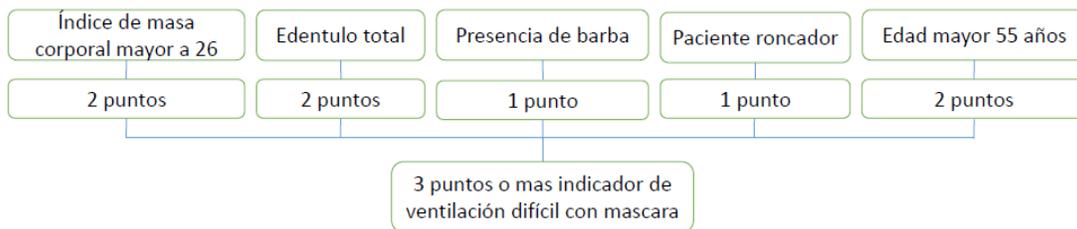
Algoritmo

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

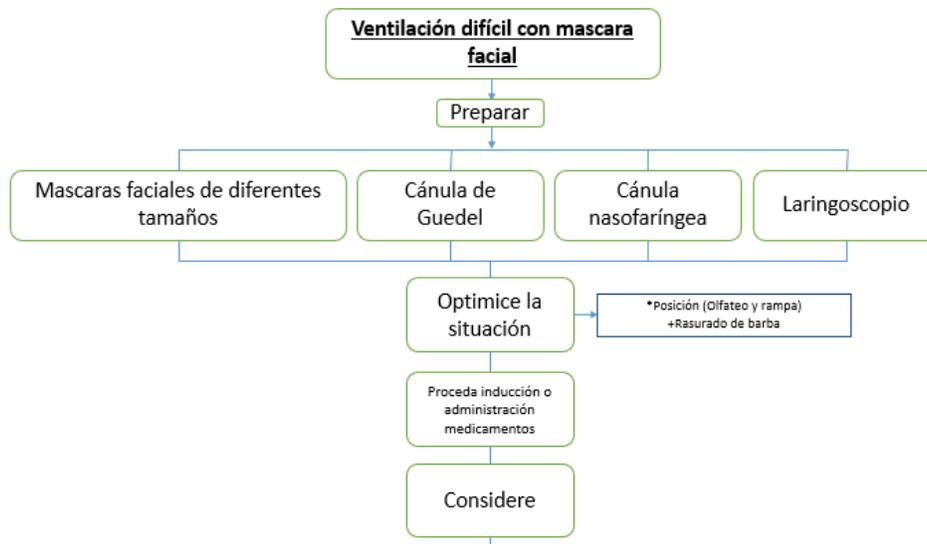


Protocolo

Ventilación difícil con máscara facial

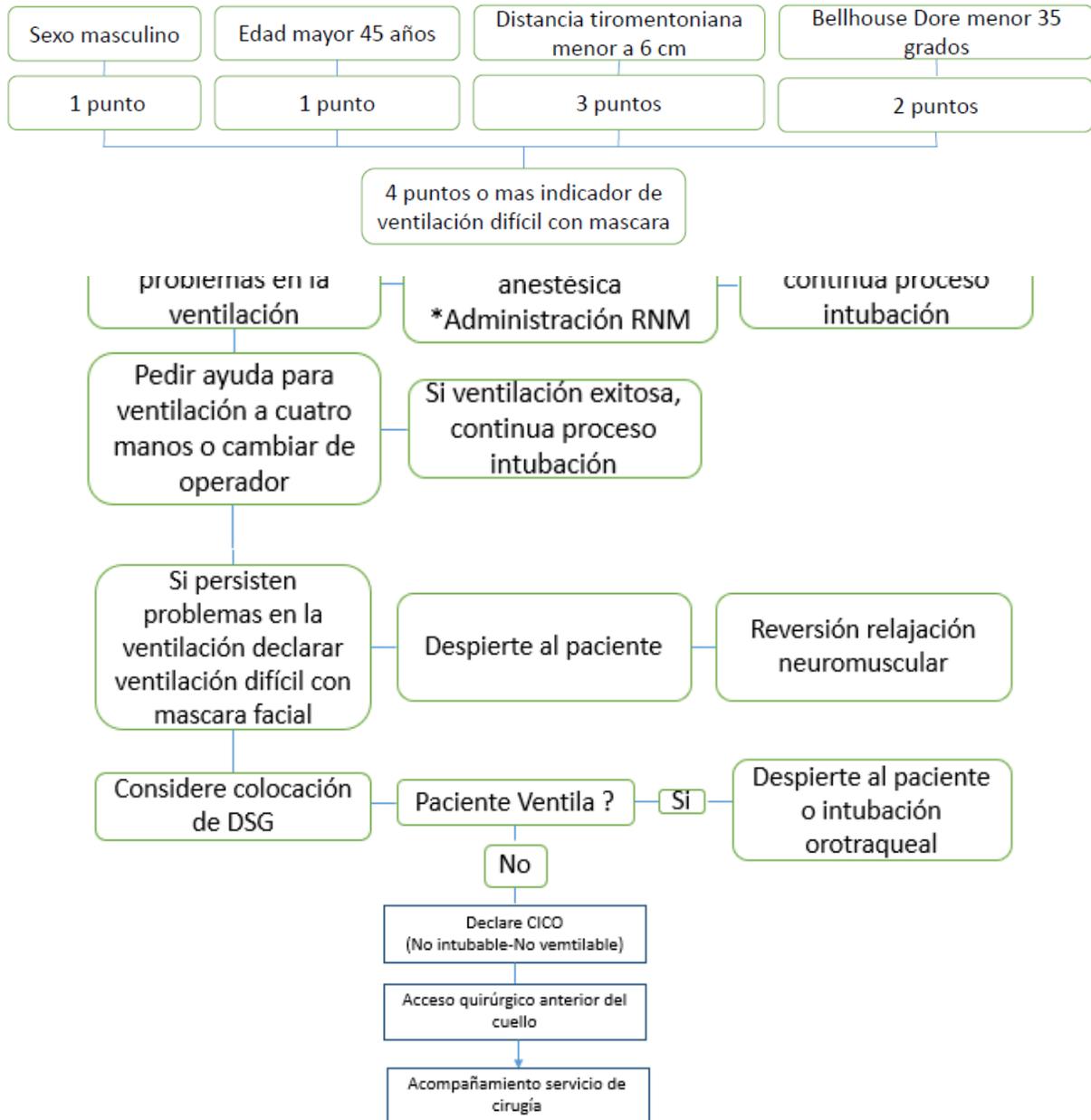


Algoritmo



Protocolo

Inserción/ventilación difícil con dispositivos supraglóticos

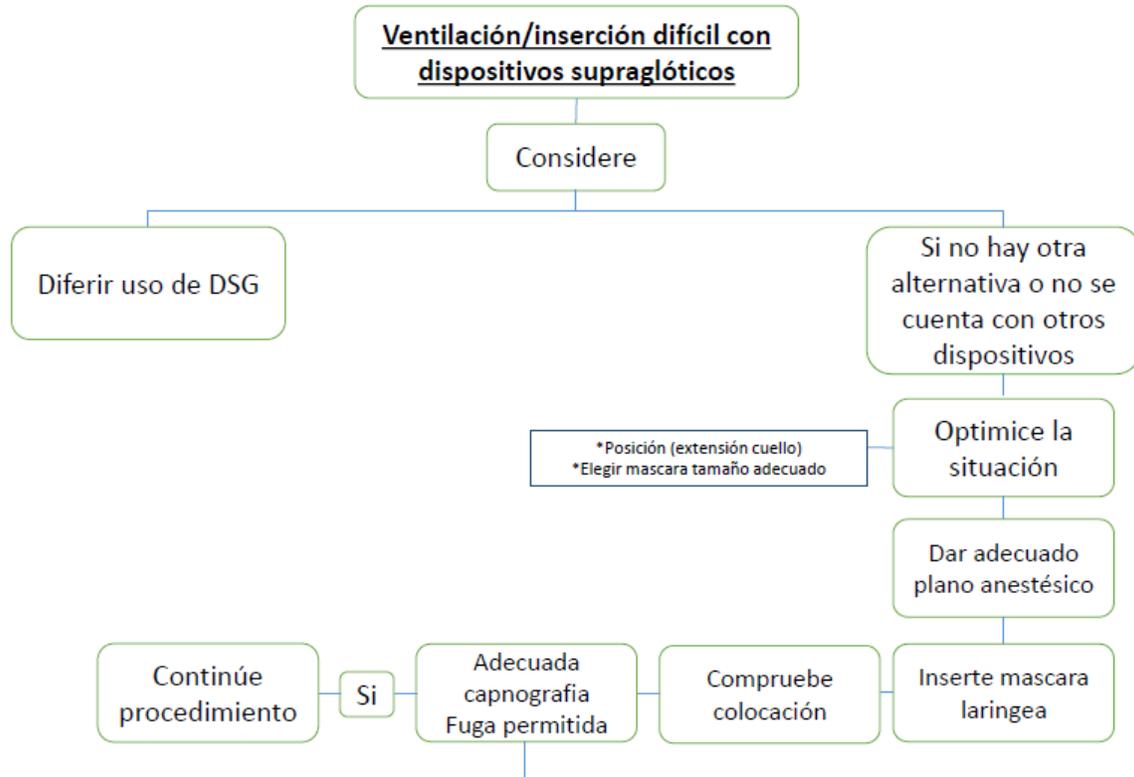


Notas

* Si la ventilación con máscara facial es predecible pero se anticipa una intubación sencilla se debe considerar administrar una inducción de secuencia rápida.

Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Algoritmo



Logo de la aplicación



Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Anexo 2. Visualización de la aplicación

Presentación de la aplicación

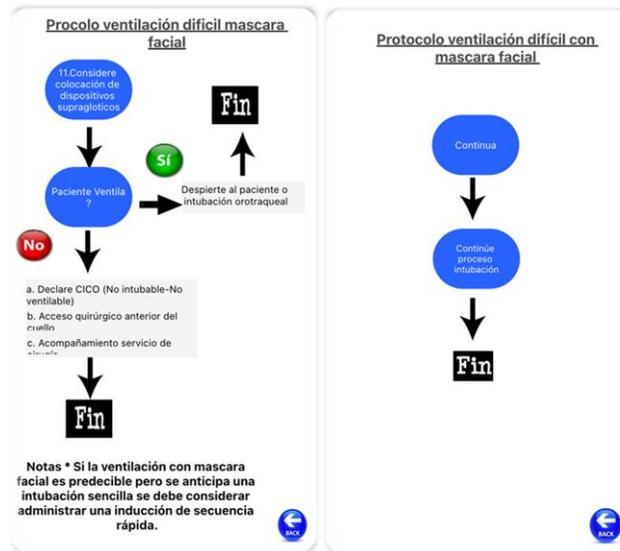


Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Protocolo de VDM



Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes



Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Protocolo de intubación difícil



Desarrollo de una aplicación para prever el riesgo de intubación difícil, dificultad para la ventilación con máscara facial o con dispositivos supraglóticos en procedimientos quirúrgicos electivos o urgentes

Protocolo de inserción/ventilación difícil con DSG

