

Estudio piloto del rendimiento de un videolaringoscopio de fabricación local de bajo costo y baja fidelidad con uno de referencia en simulación clínica

Pilot study on the performance of a low-cost and low fidelity, locally manufactured videolaryngoscope compared with a reference device in clinical simulation

Marcelo Concha¹, Clara Trinchieri², Magdalena Estefó^{3,*} , Pamela Silva³

¹ Residente Anestesiología Universidad de los Andes, Clínica Dávila. Santiago, Chile.

² Interna de Medicina, Universidad de los Andes. Chile.

³ Servicio Anestesiología, Clínica Dávila. Santiago, Chile.

El estudio no ha sido enviado a otra revista científica nacional o internacional.

Los autores ceden los derechos de propiedad intelectual del artículo a la Revista Chilena de Anestesiología.

Fuente de financiamiento: Este trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Fecha de recepción: 16 de diciembre de 2025 / Fecha de aceptación: 26 de junio de 2026

ABSTRACT

Introduction: Videolaryngoscopy has reshaped airway management training; however, its high cost limits widespread availability in educational settings. LarinGo! is a low-cost videolaryngoscope locally manufactured through 3D printing and equipped with a USB camera. This pilot study evaluated its performance in a simulation environment compared with a commercial device. **Methods:** We conducted a within-subject observational study in 20 medical students without prior experience in orotracheal intubation. Each participant performed sequential phantom's intubations using LarinGo! and HugeMed®, with a maximum of three attempts per device. Outcomes included intubation success, time to successful intubation, number of attempts, failed attempts, and perceived difficulty. Time comparisons were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test. **Results:** Intubation was successful in 95% of attempts with LarinGo! and in 100% with HugeMed®. Median intubation times were 96s [61-165] and 85s [54-148], respectively, with no statistically significant difference ($z = 1,831$; $p = 0.067$). Most participants achieved intubation on the first attempt with both devices (19/20). One definitive intubation failure occurred with LarinGo!. Perceived ease of use was reported as "easy" by 55% of participants for LarinGo! and 65% for HugeMed®. **Conclusion:** LarinGo! demonstrated performance comparable to a commercial videolaryngoscope in a simulation setting with novice operators, suggesting it could represent a feasible and accessible option for airway training. Larger randomized studies are warranted to assess equivalence with commercial devices and explore its potential clinical application.

Keywords: Videolaryngoscope, Airway simulation, Orotacheal intubation, Medical education.

RESUMEN

Introducción: La videolaringoscopia ha transformado el entrenamiento en vía aérea, pero su alto costo limita su disponibilidad en centros

*Autor de correspondencia:

Magdalena Estefó Aroztegui

magdalenaestefo@gmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1650-0547>

ISSN: 0719-6792



docentes. LarinGo! es un videolaringoscopio de bajo costo fabricado localmente mediante impresión 3D y equipado con una cámara USB. Este estudio piloto evaluó su desempeño en un entorno de simulación comparado con un dispositivo comercial. **Métodos:** Se realizó un estudio observacional within-subject en 20 estudiantes de medicina sin experiencia en intubación orotraqueal. Cada participante realizó intubaciones secuenciales en fantasmas con LarinGo! y HugeMed®, con un máximo de tres intentos por dispositivo. Se registraron éxito de intubación, tiempo hasta intubación exitosa, número de intentos, fallos y dificultad percibida. La comparación de tiempos utilizó la prueba de Wilcoxon. **Resultados:** La intubación fue exitosa en 95% de los casos con LarinGo! y en 100% con HugeMed®. Las medianas de tiempo fueron 96s [61-165] y 85s [54-148], respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas ($z = 1.831$; $p = 0,067$). La mayoría de los participantes intubó al primer intento con ambos dispositivos (19/20). LarinGo! presentó un caso de intubación fallida definitiva. La percepción de facilidad fue de 55% para LarinGo! y 65% para HugeMed®. **Conclusión:** LarinGo! mostró un rendimiento comparable al de un videolaringoscopio comercial en un escenario de simulación con operadores novatos, lo que sugiere que podría constituir una alternativa factible y accesible para la enseñanza de intubación orotraqueal. Son necesarios estudios aleatorizados y de mayor tamaño muestral para evaluar su equivalencia frente a dispositivos comerciales y explorar su potencial aplicación clínica.

Palabras clave: Videolaringoscopio, simulación clínica, intubación orotraqueal, educación médica.

Introducción

La intubación orotraqueal (IOT) es una habilidad esencial en la formación anestesiológica, requiriendo una curva de aprendizaje prolongada. Estudios clásicos estiman que se necesitan alrededor de 50 intentos para alcanzar un rendimiento competente, especialmente en operadores novatos, lo que subraya la importancia de contar con entornos controlados para la práctica deliberada[1],[2]. En este contexto, la simulación clínica se ha consolidado como un componente central en la adquisición de destrezas de vía aérea, permitiendo el entrenamiento seguro y repetido antes del contacto con pacientes reales.

El uso de videolaringoscopios ha modificado de manera significativa el abordaje de la vía aérea y se ha incorporado formalmente en algoritmos internacionales para el manejo de la vía aérea difícil[3]. Sin embargo, el alto costo de estos dispositivos continúa siendo una barrera relevante para su disponibilidad universal, tanto en instituciones docentes como asistenciales. Esta limitación afecta la equidad en el acceso a tecnologías que hoy forman parte del estándar de cuidado y restringe las oportunidades de entrenamiento para estudiantes y residentes.

En respuesta a esta necesidad, se han desarrollado diversas iniciativas orientadas a crear videolaringoscopios de bajo costo a partir de dispositivos convencionales, cámaras externas o modelos impresos en 3D[7]-[11]. En Chile, un equipo interdisciplinario diseñó un videolaringoscopio de bajo costo mediante impresión 3D y una cámara USB, denominado LarinGo![4]-[6]. Este dispositivo se fabrica en ácido poliláctico (PLA) con micropartículas de cobre, material que contribuye a reducir el crecimiento bacteriano sobre su superficie. Su tiempo de producción es de aproximadamente 4,5 h por unidad y el diseño ha sido configurado para permitir desinfección de alto nivel, lo que resulta especialmente relevante si se considera su uso repetido en entornos de simulación clínica y entrenamiento.

A nivel latinoamericano, también se ha descrito el desarrollo de un videolaringoscopio de bajo costo basado en tecnología de impresión 3D por un grupo argentino, lo que refuerza el interés regional por soluciones accesibles para la enseñanza y la práctica de la vía aérea[12].

En la práctica nacional, los videolaringoscopios comerciales disponibles, como McGRATH® y HugeMed®, representan un costo considerable, con valores cercanos a \$1.600.000 y

\$950.000 pesos chilenos, respectivamente. En contraste, el precio informado por el equipo desarrollador de LarinGo! corresponde a \$97.400 pesos chilenos, lo que podría facilitar un acceso más amplio en contextos formativos y de simulación.

Considerando este escenario, surge la necesidad de generar evidencia que permita caracterizar el desempeño de videolaringoscopios de bajo costo fabricados localmente. El presente estudio piloto tiene como propósito evaluar el rendimiento del videolaringoscopio LarinGo! en comparación con un dispositivo de referencia disponible en la institución, en un modelo de simulación clínica con estudiantes de medicina sin experiencia en IOT. Esta información podría orientar su uso como recurso educativo y apoyar su eventual incorporación en programas estructurados de formación en anestesiología y manejo de la vía aérea.

Materiales y Métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio piloto observacional con diseño within-subject, en el cual cada participante efectuó intubaciones orotraqueales en fantasmas utilizando dos videolaringoscopios: LarinGo! (dispositivo de bajo costo desarrollado localmente) y HugeMed® (dispositivo de referencia comercial). El estudio se llevó a cabo en la sala de simulación del Departamento de Anestesia de Clínica Dávila.

El protocolo fue elaborado de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité Ético Científico de Clínica Dávila. La participación fue voluntaria y todos los sujetos firmaron un consentimiento informado previo al inicio de las actividades del estudio.

El proyecto no contó con financiamiento externo. El videolaringoscopio HugeMed® fue facilitado por la Jefatura de Pabellón Central de Clínica Dávila y LarinGo! fue proporcionado por su equipo desarrollador, ambos sin costo para los investigadores.

Participantes

Se reclutaron 20 estudiantes de medicina de pregrado de la Universidad de los Andes, sin experiencia significativa en la

técnica de intubación orotraqueal. La selección se realizó por convocatoria a voluntarios y fueron incluidos tras la firma del consentimiento informado.

Procedimiento

Los participantes fueron citados en grupos de 2 a 5 personas. Antes de comenzar las mediciones, se realizó una capacitación estandarizada impartida por el mismo investigador durante todo el protocolo. Esta sesión incluyó una explicación teórica del funcionamiento de ambos videolaringoscopios, una revisión de los principios básicos de la técnica de intubación orotraqueal y una demostración práctica de intubación en un fantoma, con espacio para la resolución de dudas.

Posteriormente, se iniciaron las mediciones. Cada estudiante efectuó intubaciones secuenciales con ambos dispositivos, siguiendo un orden fijo: primero con LarinGo! y luego con HugeMed®. Para cada dispositivo se permitió un máximo de tres intentos por participante.

El escenario de simulación consistió en un fantoma de vía aérea fijado a una mesa, equipado con tubo endotraqueal con estilete, jeringa para inflado del cuff y bolsa autoinflable. LarinGo! está compuesto por hojas impresas en ácido poliláctico con micropartículas de cobre y una cámara USB conectable a un computador portátil, donde se visualiza la imagen endolaríngea (Figura 1). Todas las mediciones se realizaron bajo este mismo montaje estandarizado.

Variables

Se registraron las características demográficas de los participantes, incluyendo edad, sexo y año académico. Para cada uno de los dispositivos se documentó el desempeño técnico durante la intubación. La variable principal fue el éxito de la intubación, definido como la posición correcta del tubo endotraqueal con ventilación efectiva en el fantoma.

Asimismo, se midió el tiempo hasta la intubación exitosa, en segundos, contado desde la introducción del laringoscopio en la cavidad oral hasta la confirmación de ventilación efectiva. Para cada participante se consignó el número de intentos necesarios para lograr la intubación con cada dispositivo, permitiéndose un máximo de tres intentos. Se consideró intento fallido la intubación esofágica o cualquier posicionamiento incorrecto del tubo que obligara a retirar el dispositivo y reiniciar la maniobra. Cuando no se obtuvo una intubación efectiva tras tres intentos consecutivos, el procedimiento se clasificó como fracaso de intubación orotraqueal.

Adicionalmente, se registró la percepción subjetiva de dificultad del procedimiento, evaluada inmediatamente después de la experiencia con cada dispositivo mediante una escala ordinal de tres categorías (fácil, intermedia o difícil).

Análisis estadístico

Las variables fueron tabuladas en una base de datos electrónica. Las variables continuas se describieron mediante medidas de tendencia central y dispersión; las variables categóricas se presentaron como frecuencias absolutas y porcentajes.

Para el análisis comparativo de los tiempos de intubación entre ambos dispositivos se evaluó la normalidad de la distri-



Figura 1. Componentes del videolaringoscopio LarinGo!: hojas impresas en ácido poliláctico (PLA) con micropartículas de cobre y cámara USB conectable a computador portátil.

bución mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En caso de distribución compatible con normalidad se empleó la prueba t de Student para muestras pareadas; cuando esta condición no se cumplió, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Las variables categóricas se compararon de manera descriptiva entre dispositivos. Todos los análisis se realizaron con el software Stata BE versión 19.5.

Resultados

Se incluyeron 20 estudiantes de medicina, con una edad promedio de $24 \pm 1,65$ años, de los cuales el 70% correspondió a mujeres.

El éxito global de intubación fue alto para ambos dispositivos: 95% para LarinGo! y 100% para HugeMed®. La mayoría de los participantes logró la intubación al primer intento en ambos casos (19/20 con LarinGo! y 19/20 con HugeMed®). Ambos dispositivos registraron un intento fallido, aunque solo LarinGo! presentó un caso de intubación fallida definitiva tras tres intentos.

El tiempo de intubación mostró medianas comparables entre dispositivos: 96 segundos (IQR: 61-165) con LarinGo! y 85 segundos (IQR: 54-148) con HugeMed®. La comparación pareada mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambos tiempos ($z = 1.831$; $p = 0,067$).

En cuanto a la percepción subjetiva de dificultad, el 55% de los participantes calificó a LarinGo! como fácil de usar, en comparación con el 65% para HugeMed®. Las categorías interme-

Tabla 1. Comparación del desempeño de LarinGo! y HugeMed en simulación de IOT: Éxito, tiempo, número de intentos, fallos e impresión subjetiva de uso

	LarinGo!	HugeMed®
Intubación exitosa % (n)	95 (19)	100 (20)
Tiempo de intubación (segundos)*	96 [61-165]	85 (54-148)
Número de intentos (n)		
1 intento	19	19
2 intentos	1	1
Intento fallido % (n)	5 (1)	5 (1)
Intubación fallida % (n)	5 (1)	5 (1)
Facilidad de uso % (n)		
Fácil	55 (11)	65 (13)
Intermedio	35 (7)	30 (6)
Difícil	10 (2)	5 (1)

*Mediana [RIC].

dia y difícil se distribuyeron de manera similar entre dispositivos. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 1.

Discusión

LarinGo! mostró un rendimiento comparable al videolaringoscopio comercial HugeMed® en este escenario de simulación, con altas tasas de éxito y tiempos similares. En estudiantes sin experiencia significativa en intubación orotraqueal, estos resultados sugieren que el prototipo permite visualizar adecuadamente la glotis y completar la maniobra, lo que coincide con estudios que han demostrado que la videolaringoscopia mejora la adquisición temprana de habilidades, acelera la curva de aprendizaje y aumenta la tasa de éxito al primer intento en operadores novatos[13].

La evidencia disponible respalda el rol de la simulación como herramienta eficaz para la enseñanza del manejo de vía aérea. Revisiones sistemáticas y estudios educativos han mostrado que la práctica en entornos simulados favorece el desarrollo de destrezas técnicas y cognitivas, mejora la retención de habilidades y permite un entrenamiento seguro previo al contacto con pacientes[14],[15]. Estos beneficios se amplifican cuando se emplean videolaringoscopios, dado que la visualización compartida facilita la retroalimentación inmediata y el aprendizaje supervisado[14].

En paralelo, los avances en fabricación digital han permitido el desarrollo de videolaringoscopios impresos en 3D a bajo costo. Estudios recientes han demostrado que estos dispositivos pueden ser técnicamente robustos, funcionales y eficaces en escenarios de práctica, con tasas de éxito comparables a las de equipos comerciales[16]. Incluso se han realizado comparaciones clínicas entre videolaringoscopios tradicionales y modelos impresos en 3D, mostrando desempeños aceptables en pacientes seleccionados[17]. LarinGo! comparte estas características, sumando la ventaja de ser fabricado localmente y a un costo significativamente menor, lo que podría facilitar su uso en centros de simulación con recursos limitados.

Este estudio presenta fortalezas importantes. El diseño within-subject permitió comparar ambos dispositivos bajo las mismas condiciones de entrenamiento, reduciendo el efecto de

la variabilidad individual entre participantes. La capacitación estandarizada, impartida por un único investigador, y la utilización de un escenario de simulación homogéneo aumentan la validez interna del estudio y disminuyen posibles sesgos operativos.

No obstante, existen limitaciones a considerar. El tamaño muestral fue pequeño, lo que limita la capacidad para detectar diferencias sutiles entre dispositivos y aumenta el riesgo de error tipo II. El orden fijo de uso podría haber favorecido a HugeMed® por efecto de aprendizaje, aun cuando las diferencias observadas fueron pequeñas. Además, el estudio se restringió a un fantoma con vía aérea normal y a estudiantes sin experiencia clínica, por lo que los resultados no son extrapolables a pacientes reales, escenarios de vía aérea difícil ni operadores más experimentados. Tampoco, se evaluaron aspectos relacionados con la retención longitudinal de habilidades ni con la transferencia del aprendizaje a la práctica clínica.

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos sugieren que LarinGo! podría constituir una alternativa factible, accesible y reproducible para la enseñanza de la intubación orotraqueal en simulación clínica. Su bajo costo y la posibilidad de fabricación local mediante impresión 3D lo posicionan como una herramienta potencialmente valiosa para ampliar el acceso a tecnologías de videolaringoscopia en programas de formación, particularmente en instituciones con restricciones presupuestarias. Serán necesarios estudios futuros con diseños aleatorizados, muestras más amplias y evaluaciones en distintos escenarios clínicos para establecer su equivalencia, o no inferioridad, frente a videolaringoscopios comerciales, así como investigaciones que incorporen análisis económicos formales y evaluaciones de seguridad en pacientes reales.

Declaración de aspectos éticos

Este estudio se condujo de acuerdo con los Principios Éticos para las Publicaciones Médicas del ICMJE y con los principios de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. El protocolo fue revisado y aprobado por el Comité Ético Científico de Clínica Dávila. Todos los participantes firmaron consentimiento informado escrito y se garantizó la privacidad y anonimato de los mismos.

Agradecimientos: Se agradece al equipo creador de La-

rinGo!, Dr. Matías Bobadilla y Dr. Matías Lagos, por el desarrollo de esta iniciativa y facilitación de los dispositivos.

Referencias

- Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytko S, et al. Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology*. 2003 Jan;98(1):23–7. <https://doi.org/10.1097/00000542-200301000-00007> PMID:12502974
- Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg*. 1998 Mar;86(3):635–9. <https://doi.org/10.1213/00000539-199803000-00037> PMID:9495429
- American Society of Anesthesiologists. 2022 ASA Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway [Internet]. *Anesthesiology*. 2022 [citado 8 mayo 2023];136(1):31–81. Disponible en: <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/136/1/31/117915/2022-American-Society-of-Anesthesiologists>
- Universidad de los Andes. Alumnos UANDES ganan concurso Ideas X de Banco Santander [Internet]. 2020 [citado 8 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.uandes.cl/noticias/alumnos-uandes-ganan-concurso-ideas-x-de-banco-santander/>
- Universidad de los Andes. Alumnos diseñan dispositivo médico y son finalistas en concurso de Banco Santander [Internet]. 2020 [citado 8 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.uandes.cl/noticias/alumnos-disenan-dispositivo-medico-y-son-finalistas-en-concurso-de-banco-santander/>
- Universidad San Sebastián. Interno de Medicina USS desarrolla dispositivo para procedimiento de intubación [Internet]. 2020 [citado 8 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.uss.cl/noticias/uss-desarrolla-dispositivo-intubacion/>
- Grünberg DG. Intubación nasotraqueal con “videolaringoscopia artesanal” en paciente con vía aérea dificultosa prevista. 2012. (Revista no especificada; si obtienes la fuente exacta, la agrego.)
- Karippacheril JG, Umesh G, Ramkumar V. Inexpensive video-laryngoscopy guided intubation using a personal computer: initial experience of a novel technique. *J Clin Monit Comput*. 2014 Jun;28(3):261–4. <https://doi.org/10.1007/s10877-013-9522-x> PMID:24132806
- Velázquez-Murillo G. Videolaringoscopia artesanal Macintosh. *Fed Mex Col Anesthesiol*. 2016;28(1):40–5.
- De Freitas HJ, Moreno S, Silva M. Prototipo de videolaringoscopia: Wi-Mac-Multivision. *Rev Chil Anest*. 2020;49(3):262–70. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv49n02.11>.
- Rendeki S, Keresztes D, Woth G, Mérei Á, Rozanovic M, Rendeki M, et al. Comparison of VividTrac®, Airtraq®, King Vision®, Macintosh laryngoscope and a custom-made videolaryngoscope for difficult and normal airways in mannequins by novices. *BMC Anesthesiol*. 2017 May;17(1):68. <https://doi.org/10.1186/s12871-017-0362-y> PMID:28549421
- Cabrera D, Massano G, Fernández S, Chaile S, Alday A, Patiño C, et al. Video-laringoscopia de bajo costo desarrollado con tecnología de impresión 3D. *Rev Chil Anest*. 2018;47(4):259–62. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv47n04.08>.
- Malito ML, et al. The impact of introducing a videolaryngoscope in the initial training of laryngoscopy for undergraduate medical students: a simulation randomized trial. *Braz J Anesthesiol*. 2021;71(4):387–94. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.02.048> PMID:33823211
- Vanderbilt AA, Mayglothling J, Pastis NJ, Franzen D. A review of the literature: direct and video laryngoscopy with simulation as educational intervention. *Adv Med Educ Pract*. 2014 Jan;5:15–23. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S51963> PMID:24501548
- Espino-Núñez JS, Cordero-Luna D, Velazco-González G, Rubio-Martínez R. Simulación en el manejo de la vía aérea: revisión de su impacto en la formación clínica. *Rev Mex Anesthesiol*. 2025;48(3):159–64. <https://doi.org/10.35366/120421>.
- Silva AJ, Verçosa N, Lima LG, Cataldi M, Salcedo IL, Resende MA, et al. 3D printing of a low-cost videolaryngoscope for tracheal intubation. *Sci Rep*. 2025 Jul;15(1):25183. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10332-3> PMID:40646065
- Erel KV, Karacan NÜ. Conventional videolaryngoscope versus 3D-printed videolaryngoscope: a prospective clinical study. *J Clin Med Kaz*. 2023;20(5):60–4. <https://doi.org/10.23950/jcmk/13765>