

ORIGINAL

Rendimiento de diferentes tipos de videolaringoscopios en un glaciar al aire libre: estudio con maniqués

Sabine Nabecker, Robert Greif, Manuel Kotarlic, Maren Kleine-Brueggeney, Christine Riggenschach, Lorenz Theiler

Introducción y objetivo. Existe muy poca información sobre la realización de videolaringoscopias al aire libre. Investigamos el rendimiento de una variedad de dispositivos de intubación en comparación con la laringoscopia directa y bajo condiciones ambientales difíciles (glaciar de gran altitud, nieve con efecto reflectante).

Métodos. Tras la aprobación por el comité local de ética, este estudio aleatorizó a 20 médicos que intubaron maniqués con limitación en la apertura bucal y en la extensión cervical, bajo cinco circunstancias: 1) en el interior de hospitales, 2) en interiores a la altitud del glaciar, 3) en un glaciar a plena luz solar, 4) en un glaciar con gafas de sol, y 5) en un glaciar, con el médico y el maniquí cubiertos por una manta. Los dispositivos evaluados fueron: laringoscopio *Macintosh* y los videolaringoscopios *McGrath*, *Airtraq-SP*, *GlideScope*, *KingVision*, *C-MAC-D-blade*, *AP Advance-difficult-airway-blade* y *Bonfils*. El resultado principal a analizar fue el éxito de intubación al primer intento; y los resultados secundarios el tiempo de intubación, la visibilidad de la glotis en la pantalla.

Resultados. Se observó un mayor índice de éxito de intubación en el interior, así como al aire libre en el glaciar cuando se cubría con una manta. El rendimiento a plena luz del día del *Macintosh* fue superior a la de los videolaringoscopios. En los dispositivos con pantallas incorporadas se percibieron diferencias significativas en condiciones ambientales cambiantes. El uso de gafas de sol mejoró el rendimiento de algunos dispositivos, pero no de todos. El tiempo de intubación difirió sustancialmente entre los dispositivos, independientemente de las condiciones ambientales ($p < 0,01$). La calidad de visibilidad de la pantalla varió significativamente según las condiciones y los dispositivos.

Conclusiones. El laringoscopio *Macintosh* se comporta mejor que los videolaringoscopios. Las posibilidades de éxito en la intubación con videolaringoscopios es menor en condiciones de luz solar brillante. Cubrir la cabeza con una manta oscura bloquea suficientemente los efectos perjudiciales de la luz solar durante la intubación a pleno sol.

Palabras clave: Intubación. Altitude. Exterior. Videolaringoscopio. Maniquí.

Outdoor performance of different videolaryngoscopes on a glacier: a manikin study

Background and objective. Little information about the performance of videolaryngoscopes outdoors is available. We aimed to test the hypothesis that a *Macintosh* direct laryngoscope would perform less well than videolaryngoscopes under difficult environmental conditions (high-altitude glacier, sun-reflecting snow).

Methods. After local research ethics committee approval, this randomized controlled trial enrolled 20 physicians who intubated manikins with limited cervical extension mouth opening under 5 conditions: 1) in hospitals (indoors), 2) indoors at a high altitude, 3) outdoors on a glacier in sunlight without sunglasses, 4) outdoors on a glacier with sunglasses, and 5) outdoors on a glacier with the physician and manikin covered with a blanket. The following devices were compared to the *Macintosh* laryngoscope, *McGrath*, *Airtraq-SP*, *GlideScope*, *KingVision*, *C-MAC-D-Blade*, *AP Advance Difficult Airway Blade* and *Bonfils*. The main outcome was first-attempt intubation success; secondary outcomes were intubation time, visibility on the screen, and view of the glottis.

Results. The best intubation success rates were observed indoors and on the glacier under a blanket. The *Macintosh* performed better than the videolaryngoscopes under bright sunlight. We observed significant differences in the performance of devices with built-in screens under varying conditions. Wearing sunglasses improved performance with some but not all devices. Intubation times differed significantly between devices, regardless of the environmental condition ($P < 0.01$). Screen visibility differed significantly between conditions and devices.

Conclusions. Successful intubation with videolaryngoscopes is less likely under bright sunlight conditions. The *Macintosh* laryngoscope performs better than videolaryngoscopes. Covering the heads of both the physician and the patient with a dark blanket sufficiently overcomes the detrimental effects of sunlight during intubation.

Keywords: Intubation. High altitude. Outdoors. Videolaryngoscope. Manikin.

Filiación de los autores: University Hospital of Berne Inselspital and the University of Berne, Suiza.

Autor para correspondencia: Lorenz Theiler, University Hospital of Berne, Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Freiburgstrasse, 3010 Berna, Suiza

Correo electrónico: lorenz.theiler@insel.ch

Información del artículo: Recibido: 23-11-2015
Aceptado: 14-2-2016
Online: 28-6-2016

Introducción

El manejo prehospitalario de la vía aérea (VA) es difícil y son frecuentes complicaciones como las intubaciones fallidas¹⁻³. Por otra parte, datos recientes apoyan la idea de que un manejo adecuado por profesionales con experiencia mejora el pronóstico del paciente^{4,5}.

Entre los factores que aumentan las dificultades del manejo prehospitalario de la VA están las condiciones ambientales. Los videolaringoscopios (VLS) pueden funcionar mejor que la laringoscopia directa y, como elementos auxiliares de intubación, han ido ganando popularidad^{6,7}. En los últimos años, se han comercializado una variedad de VLS con mejoras sustanciales, que promete una mejor visión de la glotis, incluso en situaciones difíciles de intubación⁸⁻¹⁰. Un impedimento frecuente para la intubación por los médicos de emergencia en helicópteros de rescate es la luz del sol. Disponer de VLS a bordo de los helicópteros de rescate podría facilitar la intubación a los médicos antes de transportar a un paciente al hospital¹¹⁻¹⁴, pero muy pocos estudios han evaluado el uso de VLS al aire libre¹⁵⁻¹⁷. No hay datos disponibles sobre el rendimiento de estos dispositivos empleados al aire libre y con luz solar reflectante.

Este estudio con maniquíes, prospectivo, aleatorizado y controlado evalúa si los VLS ofrecen ventajas para la intubación en comparación a la laringoscopia directa. Si bien la superioridad de VLS en comparación con la hoja estándar de Macintosh® en el servicio de urgencias es bien conocida¹⁸, esto podría no ser así en condiciones difíciles al aire libre. Nuestra hipótesis es que la laringoscopia directa con una pala Macintosh® sería inferior a la VLS cuando se realiza en condiciones ambientales específicas sobre un glaciar. Nuestros objetivos primarios y secundarios son determinar el rendimiento de una variedad de dispositivos de intubación en comparación con la laringoscopia directa bajo condiciones ambientales difíciles (glaciar de gran altitud, reflejo del sol en la nieve).

Método

Este estudio se llevó a cabo por miembros del Grupo de Investigación en Vía Aérea Difícil (DARC, en inglés) del Hospital de la Universidad de Berna, Inselspital, Suiza, con la aprobación de la Junta de Revisión Institucional local (número de registro 13-053). El sitio de estudio fue en el glaciar Aletsch en la montaña Jungfrauoch en los Alpes suizos, a una altitud de 3.450 metros sobre el nivel del mar. Participaron anestesiólogos, con al menos dos años de experiencia clínica, después de proporcionar el consentimiento informado por escrito. Los participantes fueron reclutados en los Hospitales Universitarios de Berna, Lausana y Ginebra, donde los anestesiólogos también trabajan como médicos de emergencia en el Servicio de Rescate Helicóptero Suizo (REGA). Cada participante recibió una formación introductoria estandarizada sobre el uso

de los dispositivos de estudio. Este consistía en un breve conferencia y por lo menos 10 intentos supervisados de intubación en un maniquí, seguidos por una práctica específica en el uso de cada dispositivo antes del estudio.

La intubación se realizó utilizando un maniquí de intubación (HAL® Gaumard, Miami, FL, EE.UU.). Se colocó un collar cervical (Stifneck®, Laerdal, Copenhagen, Dinamarca) en el maniquí para inmovilizar el cuello y reducir la apertura de la boca. Se dejó un intento de intubación con un tubo traqueal del tamaño de 7,5 mm se utilizó (Mallinckrodt® Hi-Contour, Covidien, Hazelwood, MO, EE.UU.). En el caso de palas sin canal de tubo guiado, el tubo traqueal estaba equipado con sonda de intubación (Flexislip®, Teleflex, Westmeath, Irlanda), que no se extiende más allá de la apertura final del tubo. Para el GlideScope®, se utilizó la sonda GlideScope®.

Se evaluaron los siguientes dispositivos^{11,19}: 1) laringoscopio Macintosh® (Heine®, Herrsching, Germany) pala tamaño 4; 2) McGrath® (Aircraft Medical Ltd., Edinburgh, Reino Unido)²⁰, con una pala de un solo uso MAC® tamaño 3; 3) Airtraq SP® (Prodol Meditec SA, Vizcaya, España), con una pala de un solo uso tamaño grande que tiene un canal de guía para el tubo endotraqueal; 4) GlideScope® (Verathon Inc., Bothell, WA, EE.UU.), con pala de un solo uso tamaño 3; 5) KingVision® (Kingsystems, Noblesville, IN, EE.UU.), pala de un solo uso tamaño 3 que tiene un canal de guía para el tubo endotraqueal; 6) C-MAC® (Karl Storz, Tuttlingen, Alemania)²¹ con pala reutilizable de vía aérea difícil; 7) A.P. Advance® (Venner Medical SA, Singapur), con pala de un solo uso para VA difícil que tiene un canal de guía para el tubo endotraqueal; 8) Bonfils® (Karl Storz, Tuttlingen, Alemania)²², un estilite óptico rígido con una punta curva de 40°.

Los dispositivos del estudio fueron probados en cinco condiciones ambientales diferentes: 1) interior de los hospitales universitarios, donde los participantes del estudio trabajaron a una altitud de unos 500 metros sobre el nivel del mar; 2) interior, a 3.450 metros sobre el nivel del mar, de la Estación de Investigación sobre la Jungfrauoch (HFSJG), Suiza; 3) al aire libre en la altitud de la Estación de Investigación sobre la Jungfrauoch, a pleno sol, en la nieve, sin protección para los ojos; 4) Al aire libre en la altitud de la Estación de Investigación sobre la Jungfrauoch, a pleno sol, en la nieve, con gafas de sol; 5) al aire libre en la altitud de la Estación de Investigación sobre la Jungfrauoch, a pleno sol, en la nieve, la cabeza del maniquí y del profesional participante cubiertas con una manta oscura (Figura 1).

Se aleatorizaron por ordenador el orden de las tres condiciones ambientales al aire libre y el orden de uso de los dispositivos y se mantuvieron en sobres cerrados. Para cuantificar el brillo de la radiación (luminiscencia) en el lugar de estudio en el glaciar, se utilizaron las mediciones globales horizontales de irradiación (W/m²) de la Oficina Federal de Meteorología y Climatología, Payerne, Suiza²³. Los datos se transformaron en



Figura 1. Ejemplo de posicionamiento del profesional que realiza la intubación con la ayuda de una manta que le cubre a él y a la cabeza del maniquí mientras realiza el procedimiento al aire libre, con sol y sobre la nieve.

Lux. El brillo en las situaciones de interior se midió con un medidor de luz digital (TES 1330, TES® Electrical Electronic Corporation, Taipei, Taiwan).

Cada participante realiza un intento de intubación con cada dispositivo en cada condición, completando 40 intentos de intubación por participante. Durante todo el estudio, se dejó solo un intento de intubación con un tiempo por intento de intubación limitado a un máximo de 120 segundos¹⁷. El éxito de la intubación se definió como la visualización de las cuerdas vocales, seguido de la inserción del tubo traqueal con resultado de movimientos simétricos de la pared torácica durante la ventilación con bolsa.

El resultado primario fue la intubación exitosa dentro de los 120 segundos¹⁷ bajo visualización directa de las cuerdas vocales. Otros parámetros de resultados secundarios fueron el tiempo de intubación exitosa y el POGO Score²⁴ (porcentaje de apertura de la glotis). Sin relación con la puntuación de POGO, la visión de las estructuras anatómicas del maniquí (ya sea en la pantalla del VLS o con observación directa, por ejemplo con Macintosh®) fue evaluada subjetivamente en una escala del 1 (estructuras claramente visibles) a 5 (pantalla en negro o ninguna estructura visible). Después de completar los 40 intentos de intubación, se pidió a los participantes que calificasen los dispositivos de acuerdo con sus preferencias personales para uso futuro en condiciones similares.

Los datos demográficos de los participantes fueron: edad, sexo, años de experiencia en anestesiología y la situación profesional actual (residente, anestesiólogo asistencial). Se registraron la frecuencia cardíaca (FC) y la saturación periférica de oxígeno (SaO₂) de los participantes basal, en reposo y durante los intentos en la investigación.

La principal hipótesis es que la tasa de éxito de la intubación con VLS y el Bonfils® es más alta que la tasa de éxito de la intubación con la pala estándar de Macintosh® para la laringoscopia directa, en este escenario simulado de vía aérea difícil. Se calculó el tamaño de la muestra utilizando la tasa de éxito de la laringoscopia

directa (39,5%) frente a la tasa de éxito del estilete de fibra óptica Bonfils® (81,6%), que fue publicado previamente por Byhahn *et al.* en un escenario de VA difícil²⁵. Se estimó un error alfa de 0,05, un error beta de 0,2 y una correlación de 0,2 para 15 participantes (Stata V.13.1, StataCorp, College Station, TX, EE.UU.). Se invitó a 22 participantes con el fin de compensar las condiciones climáticas inestables y posibles abandonos. Se utilizó el programa Stata para los cálculos y comparaciones estadísticas (Stata V.13.1, StataCorp, College Station, TX, EE.UU.). Para el cálculo de frecuencias, tales como las diferencias en las tasas de éxito entre los dispositivos y entre las condiciones se utilizó la prueba Q de Cochran. Se utilizó la prueba de McNemar para comparar las tasas de éxito de los dos grupos. La normalidad de la distribución de los datos se comprobó mediante el test de Shapiro-Wilk y visualmente mediante el sistema gráfico Q-Q. Para el análisis de los datos que no siguen una distribución normal se utilizó el test generalizado de Friedman (prueba de Skillings-Mack). Los parámetros vitales como el ritmo cardíaco, se compararon mediante la prueba t pareada de Wilcoxon o del test de pares relacionados o de los rangos agrupados, dependiendo de la distribución de datos. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

Veintidós anestesiólogos participaron en el estudio en el Centro de Investigación sobre la Jungfrauoch. Dos participantes tuvieron que ser excluidos debido al cambio de las condiciones climáticas con nubes entrantes. Veinte participantes [16 (80%) de sexo masculino, de 39 años de edad (SD 8)] realizaron los intentos de intubación bajo un cielo sin nubes con la correspondiente luminiscencia > 20.000 lux. En el interior, el brillo varió de 350 lux (en el área de inducción de anestesia, sin ventanas) a 3.000 lux (en interiores, en el centro de investigación, cerca de las ventanas). La mediana de años experiencia en anestesiología fue de 11 (RIC 4-14) años, 13 (65%) de los participantes eran anestesiólogos asistenciales y 7 (35%) eran residentes de anestesiología con al menos dos años de experiencia en anestesia.

La media de la FC en reposo fue de 74 (SD 13) latidos por minuto (lpm) en los hospitales universitarios de aproximadamente 500 metros sobre el nivel del mar y de 80 (DE 12) lpm a la altitud del lugar de estudio ($p = 0,23$). La mediana de SaO₂ cayó significativamente de 99 (RIC 98-100) a 90% (RIC 88-93) a la altitud del lugar de estudio ($p < 0,001$). La temperatura al aire libre en el lugar alpino de estudio fue de 3°C (RIC 1-5).

Los VLS no funcionaron mejor que la laringoscopia directa para el resultado primario, la tasa de éxito en la intubación (Tabla 1). Por lo tanto, no se pudo rechazar la hipótesis nula. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dispositivos en interior (en el hos-

Tabla 1. Porcentaje de éxito en el primer intento de intubación

	Macintosh®	McGrath®	Airtraq®	Glidescope®	KingVision®	C-MAC®	A.P. Advance®	Bonfils®	p
Dentro de hospital (n = 20)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	19 (95)	20 (100)	n.a.
Jungfrau, en interior (n = 20)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	n.a.
Jungfrau, al sol (n = 20)	20 (100)	14 (70)**	17 (85)	19 (95)	16 (80)	18 (90)	11 (55)**	19 (95)	< 0,01
Jungfrau, con gafas de sol (n = 20)	18 (90)	15 (75)	19 (95)	19 (95)	19 (95)	13 (65)	18 (90)	17 (85)	0,049
Jungfrau, cubierto con manta (n = 20)	19 (95)	20 (100)	19 (95)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	19 (95)	18 (90)	0,50
p	0,23	< 0,01	0,13	0,63	0,01	< 0,01	< 0,01	0,17	

Los datos se expresan como números y (%). Test estadístico: Q de Cochran. *Dispositivos con monitor incorporado. **Diferencias estadísticas con la laringoscopia directa con Macintosh® (p = 0,03 para McGrath®, p = 0,004 para A.P. Advance®. Test estadístico: McNemar. No se aplicó factor de corrección).

pital y en altitud) y al aire libre, en altitud, cuando se cubría con una manta. El rendimiento fue significativamente diferente entre el interior y al aire libre cubierto con una manta en comparación con las condiciones al aire libre a la luz del sol, con y sin gafas de sol (Tabla 1).

Curiosamente, solo los dispositivos con pantalla incorporada (McGrath®, KingVision®, C-MAC®, A. P. Advance®) tuvieron un resultado estadísticamente significativo (p ≤ 0,01) peor a la luz del sol. Utilizados con gafas de sol, mejoró el rendimiento de algunos dispositivos, en comparación con la intubación en la luz del sol sin gafas de sol (p = 0,049), pero esta significación estadística se perdió en la comparación por pares de los dispositivos (Tabla 1). La pala Macintosh® fue significativamente mejor cuando se utiliza al sol, sin gafas de sol, en comparación con el McGrath® (p = 0,03) y el A.P. Advance® (p = 0,004). Sin embargo, no fue significativamente mejor al sol que la Airtraq® (p = 0,25), el GlideScope® (p = 1,0), el KingVision® (p = 0,13), el C-MAC® (p = 0,5), o el Bonfils® (p = 1,0).

El tiempo hasta la intubación exitosa difirió significativamente entre los dispositivos, bajo todas las condiciones ambientales (Tabla 2). A pesar de la diferencia significativa en la saturación de oxígeno de los participantes registrada a baja y alta altitud, no hubo diferencia en los tiempos de intubación en condiciones comparables en interiores (Tabla 2). El valor más bajo de p fue para el Airtraq® (p = 0,08).

La calidad de la visualización de las estructuras anatómicas, ya sea en la pantalla del VLS o directa (Macintosh®, Bonfils®) fue significativamente diferente entre todos los dispositivos, en todas las condiciones ambientales (p < 0,01, Tabla 3). Para todos y cada uno de los VLS, la calidad de la imagen también difirió significativamente entre las diferentes condiciones ambientales (Tabla 3). Sin embargo, no hubo diferencias entre el Bonfils® y el Macintosh® con respecto a la calidad subjetiva de la visualización entre las diferentes condiciones ambientales.

La puntuación de POGO fue significativamente diferente entre todos los dispositivos bajo todas las condiciones ensayadas (Tabla 4). Solo para el A. P. Advance® hubo una diferencia significativa observada con respecto a la puntuación de POGO bajo las diversas condiciones (p = 0,01, Tabla 4). En general, el laringoscopia Macintosh® muestra las puntuaciones POGO más bajas, pero esto no influyó en la tasa de éxito.

Los médicos participantes clasificaron los dispositivos para uso en exteriores de la siguiente manera: 1. Macintosh®, 2. C-MAC®, 3. McGrath®, 4. KingVision®, 5. Airtraq®, 6. GlideScope®, 7. Bonfils®, 8. A.P. Advance®.

Discusión

Este estudio en maniqués con una VA difícil simula evaluar si los VLS eran superiores al laringoscopia Macintosh® para la intubación en condiciones ambientales difíciles. Contrariamente a nuestra hipótesis, la tasa de éxito de intubación en estas condiciones fue mejor con la pala Macintosh® estándar que con el VLS. Además, los dispositivos con pantalla incorporada (C-MAC®, McGrath®, KingVision® y A.P. Advance®) tuvieron un rendimiento inferior al aire libre, bajo el sol o con el médico llevando gafas de sol. Esto se reflejó en la tasa de éxito. Los dispositivos con monitores externos (GlideScope®, Airtraq®) o los dispositivos que no dependen de una pantalla de vídeo (Macintosh®, Bonfils®) parecían afectarse menos por la luz del sol. Los últimos cuatro dispositivos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de éxito en diversas condiciones ambientales. Las dificultades con la intubación traqueal se reflejó en la duración prolongada hasta la intubación exitosa, sin embargo, estas diferencias, aunque estadísticamente significativas, consideramos que no tienen relevancia clínica.

La luz del sol impidió la correcta identificación de las estructuras anatómicas en la pantalla de vídeo (ma-

Tabla 2. Tiempo hasta la intubación (en segundos)

	Macintosh®	McGrath®	Airtraq®	Glidescope®	KingVision®	C-MAC®	A.P. Advance®	Bonfils®	p
Dentro de hospital (n = 20)	15 (10-23)	13 (11-18)	15 (13-19)	20 (14-22)	18 (13-27)	16 (13-18)	21 (18-24)	20 (17-35)	< 0,01
Jungfrau, en interior (n = 20)	12 (10-17)	13 (11-16)	14 (11-16)	14 (13-20)	17 (13-19)	14 (12-19)	22 (16-28)	24 (17-35)	< 0,01
Jungfrau, al sol (n = 20)	14 (10-19)	18 (13-28)	15 (12-26)	18 (16-28)	18 (14-39)	15 (13-20)	32 (21-41)	30 (20-37)	< 0,01
Jungfrau, con gafas de sol (n = 20)	15 (11-21)	17 (13-19)	18 (11-27)	19 (16-27)	16 (13-23)	15 (14-20)	27 (21-35)	23 (20-26)	< 0,01
Jungfrau, cubierto con manta (n = 20)	13 (12-18)	15 (11-17)	14 (10-20)	19 (13-21)	14 (11-20)	13 (12-16)	21 (18-35)	20 (15-33)	< 0,01
p	0,07	< 0,01	0,20	< 0,01	0,74	0,29	0,38	0,47	

Los datos se expresan en mediana (rango intercuartílico). Test estadístico: generalizada de Friedman (Skillings-Mack test).

Tabla 3. Visualización de estructuras anatómicas

	Macintosh®	McGrath®	Airtraq®	Glidescope®	KingVision®	C-MAC®	A.P. Advance®	Bonfils®	p
Dentro de hospital (n = 20)	85/15/0/0/0	55/45/0/0/0	20/40/30/10/0	90/10/0/0/0	75/25/0/0/0	70/25/5/0/0	10/55/20/10/5	55/30/15/0/0	< 0,01
Jungfrau, en interior (n = 20)	100/0/0/0/0	75/15/5/5/0	10/16/58/16/0	80/15/5/0/0	85/15/0/0/0	80/20/0/0/0	15/40/35/10/0	35/35/25/5/0	< 0,01
Jungfrau, al sol (n = 20)	50/25/10/15/0	0/5/32/42/21	11/26/21/42/0	5/35/35/25/0	5/30/25/30/10	10/15/50/25/0	0/15/30/30/25	30/40/25/5/0	< 0,01
Jungfrau, con gafas de sol (n = 20)	55/15/15/10/5	5/15/25/40/15	5/35/25/35/0	5/32/26/37/0	5/50/20/20/5	10/20/20/20/30	0/20/30/45/5	40/30/20/10/0	< 0,01
Jungfrau, cubierto con manta (n = 20)	75/20/0/5/0	70/20/10/0/0	42/32/26/0/0	70/30/0/0/0	85/10/5/0/0	60/35/5/0/0	15/50/15/20/0	45/35/10/0/10	< 0,01
p	0,09	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,58	

Los datos se expresan como %. Test estadístico: generalizada de Friedman (Skillings-Mack test). 1/2/3/4/5: 1 = excelente, 2 = buena, 3 = adecuada, 4 = pobre, 5 = pantalla en negro.

la calidad de imagen o una pantalla en negro). Esto no se modificó significativamente al llevar gafas de sol. Curiosamente, las gafas de sol parecieron empeorar la visibilidad, especialmente en la pantalla del C-MAC® de bolsillo. En general, las gafas de sol no mejoraron la calidad de la imagen deteriorada en las pantallas. Además, cambiar el ángulo de la pantalla en relación con el sol, si es posible (por ejemplo Airtraq®), no tuvo prácticamente ningún efecto sobre la calidad final de la imagen. Del mismo modo, la creación de una sombra, hecha por el propio profesional que intubaba, para evitar los efectos del deslumbramiento no mejoraron la calidad de imagen. La mejor solución para intubar pacientes a la luz del sol fue simplemente bloquear el resplandor de la luz del sol con una manta oscura (Figura 1). Hemos podido demostrar que esta sencilla intervención provocó similares tasas de éxito y de tiempos de intubación a los intentos realizados en interior.

Nuestros resultados sugieren que los monitores externos pueden obtener mejores resultados, en el entorno prehospitalario, en comparación con los VLS que cuentan con pantallas incorporadas. Sin embargo, el aumento de su tamaño y peso los hacen más complicado de llevar a la escena, lo cual debe ser considerado en el contexto prehospitalario.

Según nuestros datos, solo Ueshima *et al.*¹⁷ compararon dos VLS, el Pentax Airway Scope® y el Pentax Airtraq®, con laringoscopia directa utilizando una pala Macintosh®, a la luz del día y en la oscuridad (quirófano sin luces). En contraste con nuestro estudio, no utilizaron el monitor externo Airtraq®. Su resultado primario fue el tiempo necesario hasta la intubación. De manera similar a nuestros hallazgos, se tomó más tiempo para intubar al aire libre con el dispositivo que se basó en una pantalla de vídeo (Pentax Airway Scope).

En nuestro estudio, también hemos buscado diferencias en el rendimiento en función de la altitud. En general, los participantes fueron más lentos a pleno

sol, con o sin gafas de sol. Sin embargo, a pesar de que la SaO₂ periférica media se redujo de 99% a 90% en altitud, no hubo diferencia en el tiempo o en el éxito en la intubación entre el interior de los hospitales o en el interior a gran altura. No se encontró una disminución de la tasa de éxito en la intubación o de los requisitos de tiempo como resultados secundarios, para los intentos desarrollados a gran altitud sin aclimatación. Merz *et al.* han demostrado que el rendimiento no cambia a mayor altitud²⁶. Estos hallazgos apoyan la observación clínica de que el personal médico de helicópteros de emergencias es capaz de hacer su trabajo, incluso después de un rápido ascenso a gran altitud.

Como se ha descrito anteriormente, el collarín cervical redujo la visibilidad de la apertura de la glotis en el uso de la pala de Macintosh® en comparación con el VLS (todos p < 0,01)^{21,25,27}. A pesar de esto, la pala Macintosh® superó a otros dispositivos en la tasa de éxito de la intubación. Una posible razón de esto podría ser que los médicos participantes eran anestesiólogos experimentados y, por tanto, capaces de intubar la tráquea, incluso cuando la vista de las cuerdas vocales no era óptima. Al parecer, es más importante tener una visión de alta calidad, aunque con una baja puntuación POGO, que un potencialmente alto porcentaje de puntuación POGO en una pantalla casi en negro. Esto se reflejó en la clasificación subjetiva de los dispositivos para el uso al aire libre, donde la pala Macintosh® con laringoscopia directa se clasificó en primer lugar.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. Obviamente, este es un estudio con maniquí y solo podemos extrapolar los resultados al desempeño en los pacientes. Mediante el uso de maniqués, hemos sido capaces de normalizar las condiciones de intubación para todos los participantes en el estudio. Dado que en la mayoría de los países europeos los servicios de helicópteros cuentan con médicos de emergencia o

Tabla 4. Clasificación de POGO

	Macintosh®	McGrath®	Airtraq®	Glidescope®	KingVision®	C-MAC®	A.P. Advance®	Bonfils®	p
Dentro de hospital (n = 20)	60 (20-78)	95 (80-100)	85 (75-100)	90 (80-100)	100 (80-100)	95 (81-100)	80 (70-95)	93 (80-100)	< 0,01
Jungfrau, en interior (n = 20)	60 (31-80)	80 (80-100)	85 (80-90)	85 (80-100)	83 (73-90)	88 (80-100)	70 (60-80)	100 (70-100)	< 0,01
Jungfrau, al sol (n = 20)	60 (35-93)	80 (80-100)	100 (80-100)	80 (80-100)	85 (80-90)	80 (70-90)	60 (35-93)	90 (80-100)	0,04
Jungfrau, con gafas de sol (n = 20)	50 (25-80)	80 (78-95)	80 (55-100)	90 (63-98)	80 (80-90)	90 (84-93)	65 (45-73)	80 (70-100)	< 0,01
Jungfrau, cubierto con manta (n = 20)	60 (40-90)	90 (81-100)	80 (80-100)	93 (80-100)	90 (80-100)	100 (80-100)	85 (70-90)	83 (78-100)	< 0,01
p	0,28	0,21	0,41	0,27	0,07	0,14	0,01	0,37	

POGO = porcentaje de visibilidad de la apertura glótica¹⁹. Los datos se expresan como mediana (rango intercuartílico). Test estadístico: generalizada de Friedman (Skillings-Mack test).

anestesiólogos, invitamos solo a anestesiólogos y no a paramédicos. Creemos que nuestros datos son aplicables a la vida real, fuera del hospital en la medicina de emergencia, a pesar del hecho de haber utilizado maniquíes. Dificultamos las condiciones de intubación mediante la reducción de la apertura bucal y minimizando el movimiento del cuello, imitando así las condiciones reales de intubación de pacientes con traumatismos. Sin embargo, no sabemos cómo los dispositivos habrían facilitado la intubación en situaciones realmente difíciles, en condiciones al aire libre similares. Por otra parte, nuestro cálculo del tamaño de la muestra tuvo que basarse en suposiciones. De hecho, la diferencia en la tasa de éxito entre la laringoscopia directa con la pala estándar de Macintosh® y los dispositivos basados en vídeo resultó ser mucho menor de lo previsto. Con los datos ahora establecidos, el tamaño de muestra calculado de nuevo tendría que incluir entre 100 y 200 participantes, para detectar diferencias estadísticamente significativas adicionales entre los dispositivos, lo cual es casi imposible de realizar en estas condiciones al aire libre.

En conclusión, este estudio con maniquí puso de manifiesto algunas limitaciones graves de los VLS bajo la luz solar brillante para su empleo en medicina de emergencia al aire libre. A la luz del sol, incluso cuando se utilizan gafas de sol, la intubación exitosa era imposible porque las estructuras anatómicas no se podían visualizar en la pantalla de los seis diferentes VLS analizados. Por lo tanto, la laringoscopia directa con la pala estándar de Macintosh® fue superior a cuando la intubación se realizó a la luz del sol. Cubrir la cabeza del médico con una manta oscura durante la intubación bloquea los efectos perjudiciales de la luz del sol. Un rápido ascenso a gran altitud no disminuyó el éxito de la intubación a pesar de una disminución sustancial en la SaO₂ en los participantes del estudio.

Agradecimientos

Ronald Martinez y Simon Fischer, realizaron las correcciones en inglés del manuscrito. El estudio fue patrocinado por la Difficult Airway Research Collaboration (www.darc-airway.com) y la International Foundation High Altitude Research Stations Jungfrauoch and Gornegrat (HFSJG, www.ifjungo.ch). Los datos relativos a la radiación solar en la Jungfrauoch fueron proporcionados por Laurent Vuilleumier de la Oficina Federal de Meteorología y Climatología, Meteowiss, Payerne, Suiza.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflictos de interés. El trabajo fue financiado con una beca institucional de investigación del Departamento de Anestesiología y Medicina del Dolor, Hospital Universitario de Inselspital, Berna, Suiza.

Bibliografía

- 1 Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, et al. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg*. 2007;104:619-23.
- 2 Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Bräuer A, Rosenblatt WH, et al. Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation*. 2006;70:179-85.
- 3 Wang HE, Mann NC, Mears G, Jacobson K, Yealy DM. Out-of-hospital airway management in the United States. *Resuscitation*. 2011;82:378-85.
- 4 Sheffy N, Chemsian RV, Grabinsky A. Anaesthesia considerations in penetrating trauma. *Br J Anaesth*. 2014;113:276-85.
- 5 Lockey D, Lossius HM. Pre-hospital airway management: the data grows rapidly but controversy remains. *Resuscitation*. 2014;85:849-50.
- 6 Agro FE, Cataldo R, Mattei A. New devices and techniques for airway management. *Minerva Anestesiol*. 2009;75:141-9.
- 7 Carlson JN, Brown CA, 3rd. Does the use of video laryngoscopy improve intubation outcomes? *Ann Emerg Med*. 2014;64:165-6.
- 8 Kaplan MB, Hagberg CA, Ward DS, Brambrink A, Chhibber AK, Heidegger T, et al. Comparison of direct and video-assisted views of the larynx during routine intubation. *J Clin Anesth*. 2006;18:357-62.
- 9 Jungbauer A, Schumann M, Brunkhorst V, Borgers A, Groeben H. Expected difficult tracheal intubation: a prospective comparison of direct laryngoscopy and video laryngoscopy in 200 patients. *Br J Anaesth*. 2009;102:546-50.
- 10 Stroumpoulis K, Pagoulidou A, Violari M, Ikonomou I, Kalantzi N, Kastrinaki K, et al. Videolaryngoscopy in the management of the difficult airway: a comparison with the Macintosh blade. *Eur J Anaesthesiol*. 2009;26:218-22.
- 11 Nelson JG, Wewerka SS, Woster CM, Burnett AM, Salzman JG, Frascione RJ. Evaluation of the Storz CMAC®, Glidescope® GVL, AirTraq®, King LTS-D, and direct laryngoscopy in a simulated difficult airway. *Am J Emerg Med*. 2013;31:589-92.
- 12 Guyette FX, Farrell K, Carlson JN, Callaway CW, Phrampus P. Comparison of video laryngoscopy and direct laryngoscopy in a critical care transport service. *Prehosp Emerg Care*. 2013;17:149-54.
- 13 Aziz M, Dillman D, Kirsch JR, Brambrink A. Video laryngoscopy with the macintosh video laryngoscope in simulated prehospital scenarios by paramedic students. *Prehosp Emerg Care*. 2009;13:251-5.
- 14 Cavus E, Callies A, Doerges V, Heller G, Merz S, Rösch P, et al. The C-MAC videolaryngoscope for prehospital emergency intubation: a prospective, multicentre, observational study. *Emerg Med J*. 2011;28:650-3.
- 15 Hossfeld B, Frey K, Doerges V, Lampl L, Helm M. Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2015;32:425-31.
- 16 Struck MF, Wittrock M, Nowak A. Prehospital Glidescope video laryngoscopy for difficult airway management in a helicopter rescue program with anaesthetists. *Eur J Emerg Med*. 2011;18:282-4.
- 17 Ueshima H, Asai T. Tracheal intubation in daylight and in the dark: a randomised comparison of the Airway Scope, Airtraq, and Macintosh laryngoscope in a manikin. *Anaesthesia*. 2010;65:684-7.
- 18 Sakles JC, Mosier J, Chiu S, Cosentino M, Kalin L. A comparison of the C-MAC video laryngoscope to the Macintosh direct laryngoscope for intubation in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2012;60:739-48.
- 19 Theiler L, Hermann K, Schoettler P, Savoldelli G, Urwyler N, Kleine-Brueggemann M, et al. SWIVIT—Swiss video-intubation trial evaluating video-laryngoscopes in a simulated difficult airway scenario: study protocol for a multicenter prospective randomized controlled trial in Switzerland. *Trials*. 2013;14:94.
- 20 Ilyas S, Symons J, Bradley WP, Segal R, Taylor H, Lee K, et al. A prospective randomised controlled trial comparing tracheal intubation plus manual in-line stabilisation of the cervical spine using the Macintosh laryngoscope vs the McGrath® Series 5 videolaryngoscope. *Anaesthesia*. 2014;69:1345-50.
- 21 Byhahn C, Iber T, Zacharowski K, Weber CF, Ruesseler M, Schalk R, et al. Tracheal intubation using the mobile C-MAC video laryngoscope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Minerva Anestesiol*. 2010.

- 22 Abdullah HR, Li-Ming T, Marriott A, Wong TG. A comparison between the Bonfils Intubation Fiberscope and McCoy laryngoscope for tracheal intubation in patients with a simulated difficult airway. *Anesth Analg.* 2013;117:1217-20.
- 23 Vuilleumier L, Hauser M, Félix C, Vignola PB, A. Kazantzidis, Calpini B. Accuracy of ground surface broadband shortwave radiation monitoring. *J Geophys Res Atmos.* 2014;119:13838-60.
- 24 Ochroch EA, Hollander JE, Kush S, Shofer FS, Levitan RM. Assessment of laryngeal view: percentage of glottic opening score vs Cormack and Lehane grading. *Can J Anaesth.* 1999;46:987-90.
- 25 Byhahn C, Nemetz S, Breitzkreutz R, Zwissler B, Kaufmann M, Meininger D. Brief report: tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Can J Anaesth.* 2008;55:232-7.
- 26 Merz TM, Bosch MM, Barthelmes D, Pichler J, Hefti U, Schmitt KU, et al. Cognitive performance in high-altitude climbers: a comparative study of saccadic eye movements and neuropsychological tests. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:2025-37.
- 27 Bathory I, Frascarolo P, Kern C, Schoettker P. Evaluation of the GlideScope for tracheal intubation in patients with cervical spine immobilisation by a semi-rigid collar. *Anaesthesia.* 2009;64:1337-41.