



LECTURA CRÍTICA DE ARTÍCULOS

Simulación del manejo de la Vía Aérea en Marte

Original: Komorowski M, Fleming S. Intubation after rapid sequence induction performed by non-medical personnel during space exploration missions: a simulation pilot study in a Mars analogue environment. *Extrem Physiol Med.* 2015 Nov 1;4:19. doi: 10.1186/s13728-015-0038-5. eCollection 2015. ([PubMed](#)) ([PDF](#))

Martínez Hurtado E (1), Mariscal Flores ML (2), Sánchez Merchante M (3), de Luis Cabezón N (4).

(1)Hospital Universitario Infanta Leonor, Madrid.

(2)Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

(3)Hospital Universitario Fundación Alcorcón, Madrid.

(4)Osakidetza. Hospital Universitario de Basurto. Bilbao.

Resumen

Durante las misiones espaciales existe el riesgo de que sucedan eventos médicos que requieran cirugía y técnicas anestésicas y, a diferencia de en la Tierra, es muy posible que estas técnicas tengan ser llevadas a cabo por no anestesiistas o incluso por no médicos.

La composición exacta del equipo médico para una misión de exploración del espacio puede limitarse a un oficial de sanidad, que no necesariamente tiene porqué ser un médico, o incluso ser ése médico el que esté enfermo o herido. En estas condiciones, debido a las enormes distancias, la asistencia por telemedicina en tiempo real muchas veces no estará disponible, por lo que el personal, con unos conocimientos médicos y entrenamiento limitados, pueden verse obligados a llevar a cabo procedimientos que pueden incluir cirugía y anestesia. A veces bajo tensión extrema.

Introducción

Durante las misiones espaciales existe el riesgo de que sucedan eventos médicos que requieran cirugía y técnicas anestésicas y, a diferencia de en la Tierra, es muy posible que estas técnicas tengan ser llevadas a cabo por no anestesiistas o incluso por no médicos. La composición exacta del equipo médico para una misión de exploración del espacio puede limitarse a un oficial de sanidad, que no necesariamente tiene porqué ser un médico, o incluso ser ése médico el que esté enfermo o herido. En estas condiciones, debido a las enormes distancias, la asistencia por telemedicina en tiempo real muchas veces no estará disponible, por lo que el personal, con unos conocimientos

médicos y entrenamiento limitados, pueden verse obligados a llevar a cabo procedimientos que pueden incluir cirugía y anestesia. A veces bajo tensión extrema.

Objetivo

Se trata de un estudio piloto realizado en un entorno análogo de Marte, en el que se quería probar la capacidad para llevar a cabo la intubación orotraqueal de un astronauta herido tras una inducción de secuencia rápida ([ISR](#)) por personal sin entrenamiento médico sin ayuda.

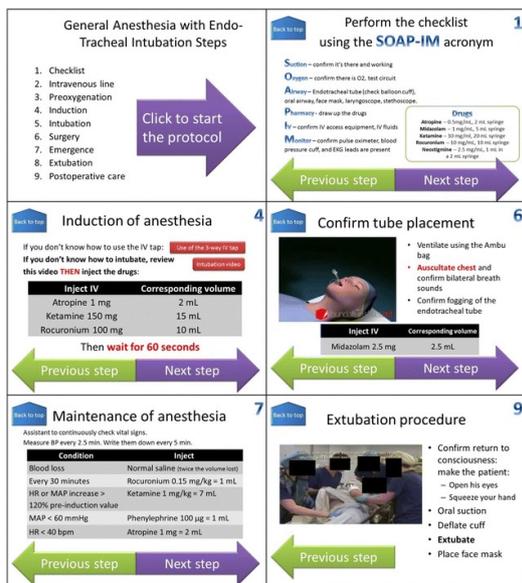


Imagen 1.- Powerpoint® slides for the simplified general anaesthesia protocol.

El grupo estaba formado por 6 personas, 1 intensivista, firmante del estudio y que actuó como coordinador de las simulaciones, y 5 miembros sin formación médica (4 de ellos habían recibido formación en soporte vital básico, y otro en respuesta a emergencias en el desierto). Se obtuvo el consentimiento informado de los 5 participantes y la Aprobación de Comité de ética de hospital de Lens (Francia).

Los 5 participantes sin formación médica, ayudados sólo por una presentación de Powerpoint (imagen 1), usaron un modelo de simulación “híbrido”, en el que un torso de maniquí (Ambu® Airway Man) hacía las veces de astronauta herido, y cuyos signos vitales y estado hemodinámico fueron emulados usando un software simulador de paciente (CAE Healthcare® Mirase®). Ambos modelos no estaban conextados entre sí, y los datos hemodinámicos tuvieron que ser introducidos manualmente en el software en tiempo real por el coordinador.

Este modelo proporcionó la oportunidad de evaluar habilidades del manejo de la vía aérea, mientras que se emularon

alteraciones del estado fisiológico debidos a la microgravedad a la que estaba expuesto el paciente con el fin de probar la respuesta hemodinámica y respiratoria a la pérdida de sangre y a la Anestesia General.

Es estudio se llevó a cabo en la estación de investigación de Marte en el desierto (MDRS) (imagen 2), creada por la [Sociedad de Marte](#), una instalación aislada en las afueras de Utah, construida para apoyar la investigación científica necesaria para el establecimiento de los seres humanos en Marte.



Environment of the Mars Desert Research Station. Credit: James Urquhart

Imagen 2.- Mars Desert Research Station (MDRS).

Escenario

El trauma agudo está entre los eventos médicos más severos que podrían ocurrir durante una Misión de exploración, ofreciendo además un importante reto en términos de manejo médico.

El escenario elegido correspondió a una caída que ocurrió durante las operaciones de mantenimiento en el sistema de ventilación del hábitat, complicada con una lesión abdominal por perforación del flanco derecho abdominal por un destornillador. La herida causó una hemorragia grave, de hasta 1 litro de sangre, por lo que el estado cardiovascular paciente fue deteriorándose hasta que finalmente entró en shock hemorrágico (presión arterial 57/38 mmHg., frecuencia cardíaca 125 lpm.).

En esta situación, uno a uno, los 5 miembros del equipo llevaron a cabo la Anestesia General necesaria para realizar la exploración quirúrgica del abdomen.

Simulación

El [Anestesta e Intensivista](#) miembro del equipo coordinó las simulaciones, que se llevaron a cabo de forma individual, siendo todas ellas grabadas. Los 5 participantes completaron una sesión de familiarización con el maniquí (duración 20-30 minutos) 4-6 días antes de realizar la simulación sin ayuda.

Los 5 participantes sin formación previa en anestesia llevaron a cabo una inducción anestésica de secuencia rápida simplificada con intubación oro-traqueal con un equipo muy limitado.

Después de la estabilización hemodinámica, la inducción anestésica se basó en la administración secuencial de atropina (1 mg.), ketamina (150 mg.), rocuronio (100 mg.) y midazolam (2.5 mg.). Esta inducción de secuencia rápida forma parte del protocolo aceptado como apropiado para astronautas sin entrenamiento médico (1).



La intubación endotraqueal se llevó a cabo con un videolaringoscopio [Airtraq](#),

escogido frente al laringoscopio de Macintosh convencional porque se asocia con mayores tasas de éxito de intubación y tiempos más cortos de la intubación, especialmente en manos no capacitadas.

Dado que el enfoque del estudio era el procedimiento anestésico, la cirugía (laparotomía) no fue simulada, aunque se les dio las instrucciones básicas con respecto a la fase de mantenimiento de la anestesia. Tras unos minutos, los participantes revirtieron el efecto de los bloqueantes musculares con [sugammadex](#) (1000 mg.) y, tras la recuperación de la ventilación espontánea y el despertar, se llevaron a cabo los procedimientos para la extubación.

Resultados

Durante el estudio no se produjo ninguna complicación importante, es decir, no hubo paro cardíaco, ni hipoxia, ni shock cardiovascular, y se logró intubar en todos los ensayos simulados.

El registro de SpO2 más bajo registrado fue de 97%, la presión arterial media más baja registrado (después de la estabilización hemodinámica inicial) fue de 81,6 mmHg., La mediana de tiempo de apnea fue de 3 minutos y 5 sg. (desde 1 min.20 sg. a 4 min.10 sg.), y todos los participantes pudieron intubar el maniquí dentro de los límites impartidos (5 minutos o 5 intentos). 3 de los participantes intubaron el maniquí en el primer intento, mientras los otros 2 necesitaron de un segundo intento.

El diseño del estudio fue además capaz de reproducir muchas de las limitaciones de una misión de exploración espacial. Los primeros pasos críticos una anestesia general básica se llevaron a cabo con éxito, puesto que según los resultados del

software el paciente simulado fue estabilizado hemodinámicamente, anestesiado, intubado, ventilado y se hubiera podido llevar a cabo un procedimiento quirúrgico.

Los autores reconocen que hay una serie de aspectos del diseño del estudio que podrían ser discutidos: en primer lugar, el tamaño de la muestra, con sólo 5 participantes, que resulta particularmente pequeño. No obstante, recuerdan que este estudio representa una prueba de concepto, y que es un experimento realizado por un equipo único en el MDRS.

Por otra parte, el procedimiento examinado es una simplificación de la realidad, puesto que limita el manejo anestésico de un paciente inestable sangrante a la inducción anestésica y la colocación de un tubo endotraqueal. Además, varias tareas importantes fueron simplificadas o ignoradas, como la gestión hemodinámica, la administración de hemoderivados, el mantenimiento de la anestesia durante un período prolongado de tiempo, la cirugía en sí misma o los cuidados postoperatorios. De nuevo recuerdan que se trata de un estudio piloto centrado en la inducción intravenosa el manejo de la vía aérea.

El escenario elegido, una laparotomía de la emergencia, puede parecer "*rebuscado*". Sin embargo, la capacidad para realizar una laparotomía en el espacio se ha establecido como una habilidad médica básica para la órbita de tierra baja, y el trauma abdominal representa una condición de alta preocupación para las misiones interplanetarias.

Así, llevar a cabo una laparotomía de control de daños en el contexto de una misión espacial se ha descrito como "*técnicamente simple*" y potencialmente "*apropiado para telemonitorización*".

Conclusión

Los autores concluyen, por tanto, que ***personal con un entrenamiento médico mínimo, sin ayuda externa, y familiarizados con el equipo del que disponen pueden llevar a cabo una atención médica avanzada de manera segura y eficiente.***

Además, indican que en futuros estudios integrarán este protocolo anestésico en un escenario quirúrgico y anestésico completo.

Discusión

Desde el comienzo del vuelo espacial humano, la NASA ha colocado a los seres humanos en ambientes extremos y remotos, aunque el buen estado de salud de los astronautas hace que el riesgo de enfermedad durante las misiones sean mínimos (2).



Con la excepción de programa Apollo, la exploración del espacio se ha limitado a misiones que están a varios cientos de millas de la superficie de la tierra. Sin embargo, en los años venideros la exploración se centrará en la estación espacial internacional (*ISS*) y la preparación para [misiones humanas a Marte](#).

Estas misiones representarán riesgos para la salud y, por lo tanto, deben establecerse planes apropiados para abordar estos retos y riesgos. Los equipos de las misiones de larga duración deben ser más independientes de los controladores de tierra, y por ello

se están diseñando procedimientos, protocolos y nuevos sistemas, ya que hasta ahora, el sistema de salud estadounidense de la estación espacial internacional contiene sistemas diseñados para proporcionar estrategias de prevención primaria, secundaria y terciaria. El sistema médico desplegado en órbita baja de la estación espacial internacional está diseñado para "estabilizar y transportar". En este paradigma, un tripulante enfermo o lesionado puede evacuarse rápidamente a un centro de atención médica definitiva en tierra, en lugar de ser tratado en órbita. Sin embargo, las Misiones de exploración de Marte serán muy diferentes, ya que será prácticamente imposible e inviable el retorno de un tripulante enfermo o lesionado a la tierra.

El sistema de atención médica en una futura expedición a Marte tendrá que ser **autónoma y autosuficiente** debido a la extremadamente larga separación de la atención médica definitiva. No obstante, esta capacidad podría ampliarse por la presencia de un médico en el equipo y tecnología quirúrgica básica (3).

La aplicación de tecnologías emergentes en sistemas de información y telecomunicaciones será fundamental, con la aplicación de estas tecnologías a través de telemedicina para proveer a los miembros del equipo acceso a la información, los procedimientos no invasivos para evaluar el estado de salud y orientación a través de la integración de sensores, holografía, sistemas de soporte de decisiones y entornos virtuales. Estas tecnologías también servirán como base para mejorar la formación y educación médica. El diseño de la atención médica para el vuelo espacial debe llevar a un **rediseño de la práctica de la medicina en la tierra**, incluyendo modificaciones a las prácticas de

formación, las pautas de tratamiento, recursos diagnósticos y terapéuticos y la informática (4).



Dentro de este cambio de paradigma educativo entra de lleno la **simulación**, que ha demostrado ser una valiosa herramienta en los procesos de investigación, educación médica y entrenamiento.

La simulación favorece el aprendizaje a través de ensayo y error, con la posibilidad de repetir cuantas veces sea necesario. Se enfatiza la enseñanza basada en la experiencia y el autoaprendizaje, así como la importancia de entender el porqué de lo que se está estudiando y su potencial utilidad para la adquisición y retención de los conocimientos, siendo un auténtico nexo de unión entre la teoría y la práctica clínica real.

En Anestesia en concreto, la simulación crea un ambiente seguro en el cual investigadores y practicantes pueden probar y mejorar sus habilidades personales y de equipo.

La resolución de situaciones críticas en anestesia conlleva la toma de decisiones en ambientes complejos, la disminución del rendimiento por la activación emocional y la interacción con otros miembros del equipo, todo ello en un espacio limitado de tiempo. Esta mezcla de factores facilita la aparición de efectos adversos que pueden reducir la seguridad de los pacientes. El comportamiento humano y el trabajo en equipo implicados provocan que el

conocimiento clínico y las habilidades técnicas no garanticen por si solos la resolución con éxito de estas situaciones. La comunicación insuficiente o inefectiva entre los profesionales del equipo es la causa raíz del 60-80% de los efectos adversos y eventos centinela. La simulación clínica añade una importante mejora a la seguridad del paciente, mediante el entrenamiento de los profesionales sanitarios en el manejo de eventos críticos (5).

Además, la simulación ha sido ampliamente utilizada en los procesos de entrenamiento en Vía Aérea y, a pesar de la heterogeneidad de las poblaciones, los escenarios y las intervenciones en estudio, la evidencia avala que el uso de esta herramienta para la mayoría de desenlaces estudiados, en los que la simulación se muestra superior a escenarios tradicionales de enseñanza, como videos, talleres o conferencias.



Bibliografía

- 1.- Komorowski M, Watkins SD, Lebuffe G, Clark JB. Potential anesthesia protocols for space exploration missions. *Aviat Space Environ Med.* 2013;84:226-33. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 2.- Doarn CR, Nicogossian AE, Merrell RC. Applications of telemedicine in the United States space program. *Telemed J.* 1998 Spring;4(1):19-30. ([PubMed](#))
- 3.- Baisden DL, Beven GE, Campbell MR, Charles JB, Dervay JP, Foster E, et al; Ad Hoc Committee of Members of the Space Medicine Association; Society of NASA Flight Surgeons. Human health and performance for long-duration spaceflight. *Aviat Space Environ Med.* 2008 Jun;79(6):629-35. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 4.- Bacal K, Beck G, McSwain NE Jr. A concept of operations for contingency medical care on the International Space Station. *Mil Med.* 2004 Aug;169(8):631-41. ([PubMed](#))
- 5.- R. Sancho, J. M. Maestre, I. Del Moral. Manejo de las crisis. Papel de la simulación en la seguridad del paciente. En "Seguridad del paciente en Anestesia". *REdAR, Revista Española de Anestesiología y Reanimación.* Volumen 58. Supl. 3. Diciembre 2011. ([pdf](#))

Correspondencia al autor

Eugenio Martínez Hurtado
emartinez@anestesar.org
FEA Servicio de Anestesiología, Reanimación y Dolor.
Hospital Universitario Infanta Leonor, Madrid.

[Publicado en AnestesiaR el 15 de febrero de 2016](#)