



Vehículos aéreos no tripulados en medicina

Juan Carlos Valls Puig¹. ORCID> 0000-0003-4019-2150

¹Profesor Agregado y Jefe de la Cátedra Servicio de Otorrinolaringología Escuela Luís Razetti. Universidad Central de Venezuela. Especialista de Cirugía General y Cirugía Oncológica, Hospital Pérez de León

Correspondencia: Instituto de Medicina Tropical - Facultad de Medicina - Universidad Central de Venezuela.

Consignado el 05 de Enero del 2022 a la Revista Vitae Academia Biomédica Digital.

RESUMEN

Los vehículos aéreos no tripulados, se definen como robots con capacidad de movilidad aérea. Pueden llevar a cabo tareas pre programadas con o sin interacción humana. Inicialmente usados para aplicaciones militares, se han expandido a otros campos como la medicina. Su aplicabilidad en este campo de divide en tres áreas. Vigilancia médica, telemedicina y como sistemas de transporte médico. Recientemente el interés se ha orientado hacia la evacuación aérea de pacientes. Por otro lado, los ataques con drones de combate representan el mecanismo lesivo de mayor crecimiento en los últimos años. La atención prehospitalaria apropiada y el traslado inmediato hasta el quirófano para detener las hemorragias representan el abordaje contemporáneo en heridos. El transporte inmediato con vehículos aéreos no tripulados se correlaciona con los enfoques contemporáneos. Los futuros drones poseerán más autonomía y capacidad de conducción.

PALABRAS CLAVE: vehículo, aéreo, transporte, heridas

SUMMARY

The unmanned aerial vehicles are defined like mobile robots. They can do pre-programmed tasks with or not human intervention. Initially they were used in military applications, today have expanded another fields, like medicine. Three areas divided this field. Medical

surveillance, telemedicine and transport system. Recently the interest is the aerial evacuation of the patients. Paradoxically, combat drones are the injury mechanism in rising in the last years. The appropriate prehospital attention and the immediate transfer to the surgical room for occlude hemorrhages it's the contemporary approach for penetrating injuries. Future drones will have more autonomy and air mobility.

KEY WORDS: vehicle, aerial, transport, injuries

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN MEDICINA

INTRODUCCIÓN

A mediados de la década de los ochenta del siglo pasado, el reconocido divulgador científico Isaac Asimov señalaba que cualquier intento de profecía sobre el futuro del hombre era una proposición muy aventurada. Por tal motivo indicaba que era preferible dejársela a los místicos y los escritores de ciencia ficción. Casualmente el citado autor es famoso y recordado por este tipo de literatura. Sin embargo, afirmaba que algunas tendencias surgidas a partir de la Revolución Industrial en el siglo XVIII, se mantendrían a menos que sobrevenga una catástrofe mundial como una guerra nuclear total, o la pandemia de una enfermedad nueva y letal ⁽¹⁾.

Estas tendencias corresponderían al aumento de la población mundial, el incremento de las ciudades y megaciudades, la profundización de las desigualdades sociales, y el surgimiento de nuevos avances tecnológico ⁽¹⁾. En este sentido, la proliferación de los satélites de comunicación, las computadoras, internet, los teléfonos celulares, y la robótica serían parte de esta última tendencia.

Modelos de robots móviles como los vehículos aéreos no tripulados, popularmente conocidos como drones, han experimentado un rápido crecimiento en los últimos años. Las bases de su funcionamiento implican movilidad, percepción, reconocimiento, y navegación. Inicialmente usados para aplicaciones militares como las misiones de reconocimiento, se han expandido a otros campos como la medicina ⁽²⁾.

Por otro lado y paradójicamente, recientes estudios han constatado un incremento progresivo del uso de drones de combate, como mecanismo lesivo en la última década en distintos conflictos. Traumatismos con estos dispositivos poseen un patrón particular de presentación. Los especialistas de las áreas de emergencia y quirúrgicas deben conocer el abordaje de este tipo de lesiones ⁽³⁾.

El propósito del artículo es una revisión documental del desarrollo e incorporación de los vehículos aéreos no tripulados en algunos campos de la medicina y la atención de heridos de este nuevo tipo de mecanismo lesivo. Se utilizó las técnicas de lectura crítica de Richard Paul y Linda Elder, tomando en cuenta las referencias más importantes a criterio del autor. El texto

fue dividido en el desarrollo de este tipo de dispositivos, su definición, áreas de aplicabilidad en medicina, los drones como mecanismo lesivo, el traslado inmediato y algunas consideraciones sobre el futuro.

DESARROLLO Y DEFINICION DE LOS DRONES

Numerosas investigaciones desarrolladas por la Marina de Guerra de Estados Unidos y Gran Bretaña desde la Primera Guerra Mundial, permitieron el desarrollo de sucesivos dispositivos no tripulados como torpedos, aviones y helicópteros, con misiones de reconocimiento o intercepción de misiles. Durante el conflicto bélico del Yom Kippur en 1973, la Fuerza Aérea Israelí desplegaron algunos de los dispositivos señalados en el campo de batalla que resultaron cruciales al aportar imágenes en tiempo real de la ubicación de los objetivos militares ⁽⁴⁾.

El término vehículos aéreos no tripulados fue designado en la década de los ochenta para describir aquellos aparatos voladores multiuso con capacidad autónoma o que eran controlados remotamente. Eran impulsados por fuerzas aerodinámicas y poseían una carga útil. De esta manera se diferenciaban de otros sistemas aéreos como los vehículos balísticos, planeadores, globos, y misiles crucero. Por la similitud del dispositivo en vuelo con el zumbido que produce el zángano o abeja macho, se les conoce como << dron >>, que correspondería a la palabra en inglés del citado insecto. Serían usados efectivamente por los Estados Unidos en la Guerra del Golfo Pérsico. A finales de la década de los noventa, serían componentes cruciales de los mayores ejércitos del mundo ⁽⁴⁾.

Definición de dron

Los vehículos aéreos no tripulados, se definen como robots con capacidad de movilidad. Estos dispositivos ejecutan sus operaciones como una aeronave y pueden llevar a cabo tareas pre-programadas con o sin interacción humana. Poseen la habilidad de moverse autónomamente, pueden tomar decisiones basados en un sistema de percepción de los cambios del medio ambiente, procesar los datos obtenidos, y reaccionar de manera apropiada. Los más avanzados son capaces de despegar y aterrizar de manera independiente de las acciones de su operador ⁽²⁾.

Algunos drones son capaces de reaccionar en su vuelo al medio ambiente cambiante. A través de unos determinados tipos de sensores reciben la entrada de una fuente de datos, los decodifican en complejos algoritmos, y toman acciones en tal sentido. En líneas generales las bases de su funcionamiento implican movilidad, percepción, reconocimiento, y navegación ⁽²⁾.

Se reconocen una amplia variedad de dispositivos de distinto diseño e instrumentos de soporte que les confieren varias aplicaciones. Se clasifican en ala fija, ala rotatoria, multirotor, y

diseños híbridos. Su carga útil incluye sensores, equipos ópticos y de comunicación, cámaras, radares, entre otros (4).

Aunque la tecnología de los drones no es nueva, es recientemente que han empezado a tener aplicabilidad comercial por ser económica, barata, y por su capacidad de transporte (4). Su campo de acción se ha expandido al comercio, industria, ingeniería y la medicina.

DRONES EN MEDICINA

Su aplicabilidad en medicina se divide en tres áreas. Vigilancia médica, telemedicina y como sistemas de transporte médico. La primera área se relaciona con la vigilancia en zonas de catástrofe natural, desastres por agentes biológicos o químicos peligrosos, y rastreo de enfermedades. Al sobrevolar la zona comprometida son capaces de brindar la información necesaria en tiempo real de la situación. Los drones disminuirían el número de personal humano a exponerse en las áreas de desastre por agentes biológicos, químicos o por radiación. Aumentan la efectividad de los equipos de rescate y han permitido evaluar el número de pacientes que requieren triaje y cuidados médicos en terrenos de alto riesgo (5). La información obtenida permite la progresión de las operaciones de seguridad y el rescate de los heridos (6) (Figura 1a-c)

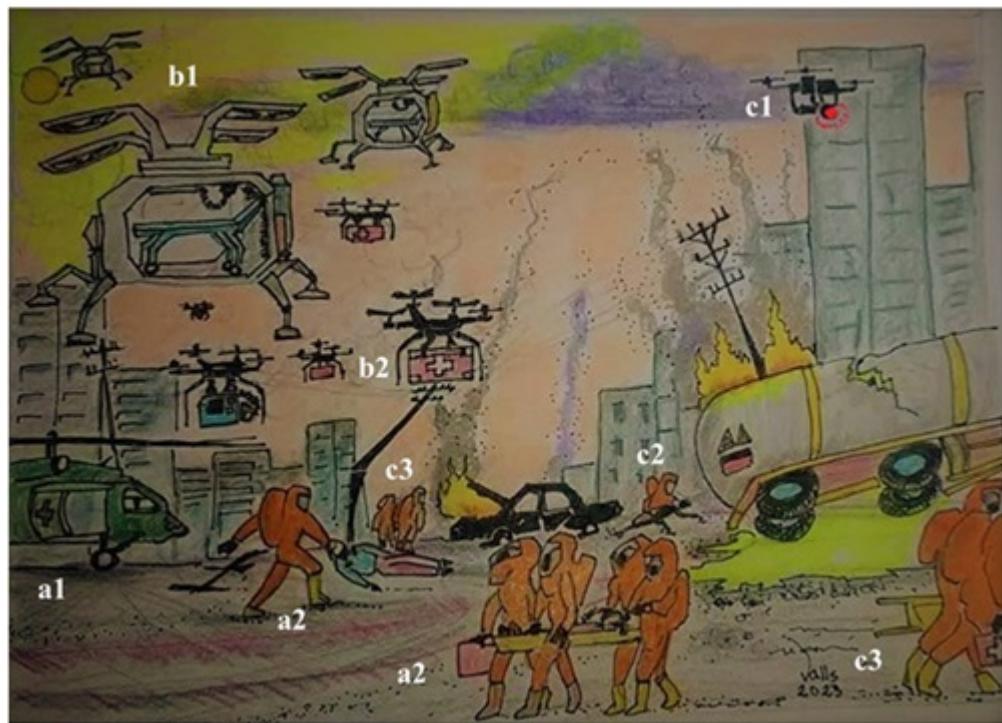


Figura 1. Atención prehospitalaria con el uso de vehículos aéreos no tripulados en situación de

desastre biológico, químico o nuclear. **a1**. Vehículo tripulado para el acceso del equipo inicial de reconocimiento. **a2**. Rescatistas con trajes especiales de protección, aplicando medidas de soporte vital incluido el concepto del *<scoop and run>*. **b1**. Vehículos aéreos no tripulados de ala rotatoria tipo ambulancia (en fase de diseño), evitarán la exposición de personal adicional en zonas críticas. **b2**. Vehículos aéreos no tripulados multirotor transportando insumos médicos, productos hemáticos, y desfibriladores. **c1**. Dron multirotor de vigilancia, capaz de medir niveles del agente biológico, químico o los niveles de radioactividad. **c2 y 3**. El dron de vigilancia es capaz de identificar lesionados y la ubicación en tiempo real de los equipos de rescatistas.

Facilitan la reubicación de la población de acuerdo a la localización de los puestos de asistencia médica y distribución de alimentos. Se han utilizado drones para la medición de niveles peligrosos de metales pesados, aerosoles o radiación. También para la identificación de algunos vectores transmisores de enfermedades como el zika⁽⁴⁾.

En escenarios de catástrofe urbana, el retardo en la identificación de heridos y su evacuación convencional con helicópteros o vehículos terrestres se dificulta por la multidimensionalidad de las construcciones (**Figura 1a1**). La cercanía de las edificaciones como en las callejuelas, los desniveles como las escalinatas, las obstrucciones por escombros, el número de obstáculos por kilómetro cúbico, la ausencia de vías de acceso, y la dificultad para obtener señal para las comunicaciones en lugares cerrados, representan retos a enfrentar para el traslado de lesionados, en estos escenarios el uso de drones de vigilancia representan una opción viable. Recientemente el interés se ha orientado a la posibilidad de diseñar y fabricar drones tipo ambulancia que permitan la evacuación aérea masiva de pacientes en zonas remotas, de desastre químico o nuclear, o en conflictos bélicos, sin la necesidad de exponer personal humano de transporte o sanitario adicional (**Figura 1b1 y c1**)⁽⁷⁾.

La telemedicina representa una alternativa en localizaciones remotas para la realización de diagnósticos y facilitar los tratamientos, incluso quirúrgicos. Algunas publicaciones han demostrado la capacidad de transporte de los drones de medicamentos y vacunas a zonas lejanas. Muestras biológicas de pacientes con tuberculosis, sida, ebola y el mismo Covid 19, han sido trasladadas desde sitios remotos. Han permitido indicar la presencia de enfermedades, así como la capacidad geográfica de diseminación⁽⁴⁾.

Otros artículos han demostrado la eficacia en el traslado de productos hemáticos a áreas con limitaciones para el suministro. Se ha señalado el uso de equipos de desfibrilación externos automáticos en pacientes con paro cardiaco que se encuentran lejanos al centro asistencial más cercano. También se ha demostrado su uso para el soporte y monitoreo remoto de procedimientos quirúrgicos⁽⁵⁾ (**Figura 1b2**).

DRONES COMO MECANISMO LESIVO

El controversial abatimiento con drones del general iraní *Qasem Soleimani* representa un claro ejemplo reciente del uso de este tipo de tecnología como mecanismo lesivo ⁽⁸⁾. La superioridad aérea es un punto que ha resultado determinante en los recientes conflictos bélicos. Numerosos gobiernos, grupos insurgentes y terroristas han incrementado el uso de drones, con fines de reconocimiento o ataque en el Medio Oriente y África ⁽⁹⁾. Su uso por parte de ambos bandos en la invasión rusa a Ucrania, ha representado uno de los aspectos más resaltantes del conflicto en curso ^(10,11).

Publicaciones recientes que analiza el uso de este tipo de armas, constato un incremento progresivo del uso de drones en la última década en distintos conflictos. Setenta por ciento de los eventos lograron su objetivo. Se reportó en promedio un deceso y tres heridos por ataque, con un rango de 0 a 6 fallecidos y 0 a 20 lesionados, respectivamente. Un 22% de los eventos implicaron el uso de múltiples drones. Reconocen que los especialistas de las áreas de emergencia y quirúrgicas deben conocer el abordaje de este tipo de lesiones ⁽³⁾.

Traslado inmediato. *Scoop and run*

El traslado inmediato de los heridos a los lugares de atención representa un antiguo anhelo de la humanidad. En la Ilíada, durante el asalto inicial de los aqueos en los muros de Troya, el héroe argivo Diomedes hiere con su lanza al Dios Ares en el bajo vientre. Este último es cubierto por una niebla partiendo inmediatamente al Olimpo para curar su herida ⁽¹²⁾. Durante las Campañas Napoleónicas fueron ideadas las “Ambulancias Voladoras”, para extraer los lesionados del campo de batalla mediante carros tirados por caballos. En las siguientes conflagraciones hasta nuestros días, le sucederían vehículos automotores, aviones, helicópteros, entre otros, ^(8,13).

El manejo actual de los heridos ha incluido nuevos conceptos, el cuestionamiento de viejos dogmas y la incorporación de estrategias innovadoras. El traslado inmediato de pacientes a los centros de atención quirúrgica representa el objetivo principal para detener las hemorragias y la profundización del shock. Cobraría especial interés el transporte aun en situación hostil, se le conoce como <<scoop and run>>, es decir recoge y traslada ^(14,15) (**Figura 1a2**).

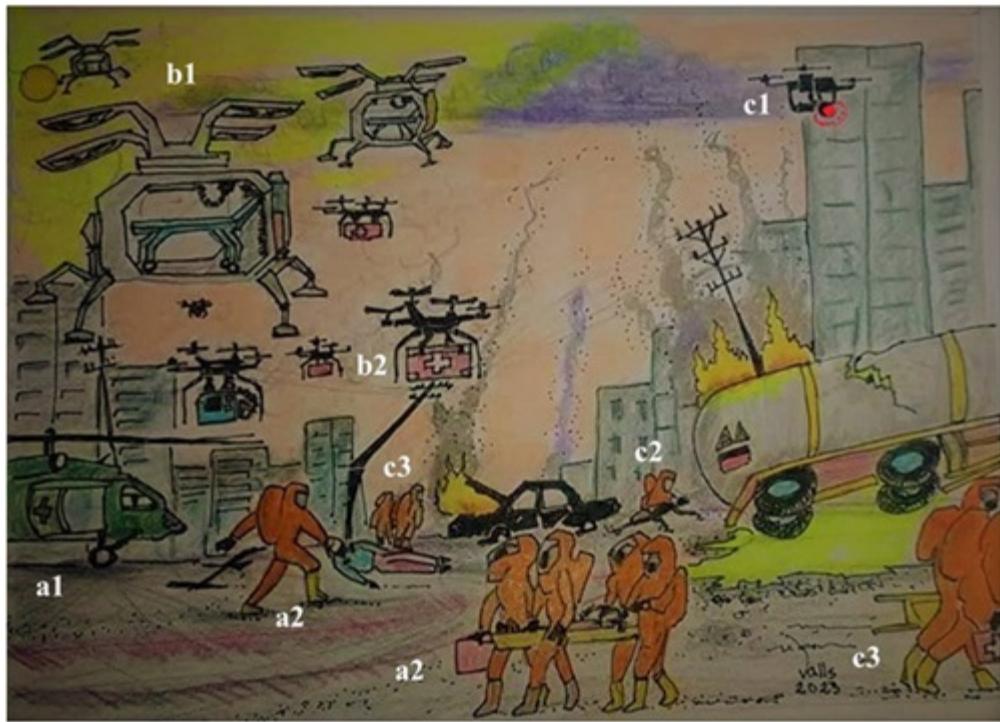


Figura 1. Atención prehospitalaria con el uso de vehículos aéreos no tripulados en situación de desastre biológico, químico o nuclear. **a1.** Vehículo tripulado para el acceso del equipo inicial de reconocimiento. **a2.** Rescatistas con trajes especiales de protección, aplicando medidas de soporte vital incluido el concepto del <<scoop and run>>. **b1.** Vehículos aéreos no tripulados de ala rotatoria tipo ambulancia (en fase de diseño), evitarían la exposición de personal adicional en zonas críticas. **b2.** Vehículos aéreos no tripulados multirotor transportando insumos médicos, productos hemáticos, y desfibriladores. **c1.** Dron multirotor de vigilancia, capaz de medir niveles del agente biológico, químico o los niveles de radioactividad. **c2y3.** El dron de vigilancia es capaz de identificar lesionados y la ubicación en tiempo real de los equipos de rescatistas.

La evacuación de heridos con helicópteros se imposibilita por la dificultad para volar en las ciudades. La movilización con camillas y con vehículos a través de las calles, los vuelve vulnerables a ataques. Se requiere un equipo de seis personas, incluido personal de seguridad, para un traslado efectivo de un herido en camilla por un trayecto largo. El shock y las perdidas hemáticas pueden complicar la espera de los heridos. La localización, extracción y traslado en situación de combate urbano puede ser difícil y peligroso (10,16). La disponibilidad actual de drones de transporte de insumos médicos y en un futuro de aquellos del tipo ambulancia representa alternativas válidas en estos escenarios urbanos (4,7).

Los especialistas al cuidado de pacientes con traumatismos en hospitales civiles, deben entender el tipo de heridas provenientes de estos conflictos. El personal médico requiere una adecuada preparación para afrontar este tipo de injurias y ser capaz de tomar decisiones a la brevedad posible (17,18). El abordaje ideal sería multidisciplinario (14).

Varios estudios incluso en escenarios urbanos, no han demostrado una mejoría significativa en la sobrevida de heridos en los que se esperó el arribo y las acciones del personal entrenado en cuidados avanzados al compararlo con aquellos que eran trasladados inmediatamente con soporte básico en vehículos de familiares, amigos o policías. Incluso algunas publicaciones señalan un aumento de la mortalidad en algunos pacientes del primer grupo. La espera mayor de veinte minutos se relacionaría con la disminución en la sobrevida, especialmente en los pacientes hipotensos ⁽¹⁹⁾.

Los vehículos aéreos no tripulados pueden proveer una alternativa rápida para el transporte de pacientes con traumatismos en escenarios militares o civiles, o de catástrofes naturales. En el caso del traslado a través de territorios hostiles reducen el riesgo de pérdidas humanas por el sobrevuelo de aeronaves tripuladas. El énfasis relacionado con el traslado inmediato de heridos, sin demora, a los centros asistenciales justificaría su uso ⁽⁴⁾.

Un estudio realizado en 1267 heridos trasladados desde un punto de conflicto en la guerra de Afganistán hasta el centro de atención determinó que la mitad de esta población no requirió ningún tipo de intervención de apoyo vital durante el vuelo con la aeronave. Entre los tipos de intervención de apoyo vital más frecuentemente realizado se identificó el uso de medidas de presión hemostáticas, administración de oxígeno, medicamentos endovenosos, y torniquetes.

Indicando que podrían viajar con seguridad en vehículos aéreos no tripulados ⁽¹⁹⁾.

Las complicaciones más frecuentemente identificadas se señalan el dolor, taquicardia o hipotensión, e hipoxia. La primera con la administración previa al traslado puede ser disminuida. La segunda con el uso de medidas hemostáticas o la administración de productos hemáticos durante el traslado puede ser corregida. En el caso de la tercera complicación la gran mayoría de los pacientes requirieron mínimas cantidades de oxígeno por cánula nasal ⁽¹⁹⁾.

En la publicación se reconocieron algunos tipos de lesiones que podrían complicar el traslado durante el vuelo. Aquellos con traumatismos cerrados o con heridas severas en la región de cabeza y cuello representaron predictores de poca aparición de eventos desafortunados en el traslado, sin embargo, las heridas penetrantes en tórax, espalda o ingle, y las amputaciones traumáticas se asociaron con la necesidad de algún tipo de intervención de apoyo vital durante el vuelo ⁽¹⁹⁾.

UNA MIRADA AL FUTURO-CONCLUSIONES

Asimov acertó en cuanto a la tendencia de la evolución tecnológica ⁽¹⁾. Las ciudades facilitan la conectividad con internet por lo que el uso de dispositivos tecnológicos se amplifica en las

áreas urbanas. Su presencia ha crecido en la segunda década del nuevo milenio. Ha alcanzado nuevas urbes y diversas culturas. Esta facilidad en la conectividad permitirá la incorporación de nuevos e innovadores dispositivos tecnológicos y su amplificación ⁽¹⁰⁾. Los futuros drones poseerán más autonomía, inteligencia artificial, navegación óptica y capacidad de conducción. La capacidad de uso en grupo y de portar numerosas cargas, le permitirán incrementar aún más su poder de infligir severos traumatismos en el futuro ^(3,9).

Los conceptos de hipotensión permisiva y resucitación balanceada, representan el enfoque contemporáneo en heridos por traumatismos penetrantes ^(10,20). La reducción del número de soluciones salinas, el uso de torniquetes, el traslado inmediato hasta el quirófano para detener las hemorragias, y la aplicación correcta de productos hemáticos que corrijan la coagulopatía, han reducido la necesidad de la aplicación de los esquemas de cirugía de control de daños ⁽²¹⁾. El manejo actual de los heridos ha incluido el cuestionamiento de viejos dogmas y la incorporación de estrategias innovadoras ^(8,13). El transporte inmediato con vehículos aéreos no tripulados se correlaciona con los enfoques contemporáneos ⁽¹⁹⁾.

El riesgo de contacto por parte del personal sanitario con radioactividad, agentes químicos, o el contagio por fómites o líquidos corporales de enfermedades infecciosas como la reciente Pandemia por la Covid 19, determinara mantener y perfeccionar el uso de material de protección por parte del personal sanitario ⁽¹⁰⁾. Evitar en lo posible la exposición humana con las nuevas tecnologías representa una alternativa viable. El uso de drones disminuye la necesidad de la participación de personal sanitario y el riesgo de contagio ⁽⁵⁾. El ultimo Papa Magno, Juan Pablo II señalaba que “El respeto de la vida exige que la ciencia y la técnica estén siempre ordenados al hombre y a su desarrollo integral” ⁽²²⁾.

Conclusión: La aplicabilidad de los vehículos aéreos no tripulados en medicina de divide en tres áreas. Vigilancia médica, telemedicina y como sistemas de transporte médico. Recientemente el interés se ha orientado hacia la evacuación aérea de pacientes. Por otro lado, los ataques con drones de combate representan el mecanismo lesivo de mayor crecimiento en los últimos años. El transporte inmediato de los heridos con vehículos aéreos no tripulados se correlaciona con los enfoques contemporáneos. Los futuros drones poseerán más autonomía y capacidad de conducción.

Agradecimientos: a la licenciada Mary Cruz Lema de Valls por su colaboración y trabajo en el proceso editorial de esta publicación. Al personal de la biblioteca del Centro Médico de Caracas en San Bernandino y del Instituto de Medicina Experimental de la Universidad Central de Venezuela por su incondicional apoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asimov Isaac. El futuro de la humanidad. Nueva guía de la ciencia. Segunda edición. Plaza & Janes Editores, New York. 1991. P738.
2. Rubio F, Valero F, Llopis C. A review of mobile robots. *Int J Adv Robot Syst.* 2019; March-April: 1-2. DOI: 101177/1729881419839596.
3. Heszlein H, Al-Borno Y, Shaqqoura S, Skaik N, Ciil L, Gilbert M. Traumatic amputations caused by drone attacks in the local population in Gaza: a retrospective cross-sectional study. *Lancet Planet Health* 2019; 3: e40-47.
4. Rosser J, Vignesh V, Terwilliger B, Parker B. Surgical and medical applications of drones. *J Soc Laparoendoscopic Surgeons.* 2018; 2 (3): July-September.
5. Robakowska M, Slezak D, Zuratynski P, Tyranska A. possibilities of using UAVs in pre-hospital security for medical emergencies. *Int J Envirom & Public Health.* 2022; 19.
6. Spencer J. The eight rules of urban warfare. Modern War Institute. 2021. Disponible en: <https://mwi.usma.edu/the-eight-rules-of-urban-warfare-and-why-we-must-work-to-change-them/>
7. Así será el impresionante drone ambulancia. Disponible en: <https://www.infobae.com/america/mundo/2017/01/03/asi-sera-la-impresionante-ambulancia-drone/>
8. Valls J. Tratamiento del trauma abdominal penetrante desde el final de la Gran Guerra hasta nuestros días. *Gac Med Caracas.* 2021; 129 (1): 220-233. DOI: 10.47307/GMC.2021.129.1.22.
9. Tin D, Barten D, Goniewicz K. Analysis of Terrorism-Related Attacks in Eastern Europe from 1970 to 2019. *Prehospital and Disaster Medicine.* 2022; 37 (4): 468 – 473. DOI:<https://doi.org/10.1017/S1049023X2200084X>.
10. Valls JC. Trauma urbano moderno en las ciudades contemporáneas. Academia Biomedica Digital. 2021; 87-88: Julio-Diciembre.
11. Valls J. Misiles sobre la ciencia y la salud. *Rev Fac Med.* 2022; 45 (3). 88-102.
12. Homero. Ilíada. Canto V. Editorial Planeta. 1999: 103-104.
13. Valls JC. Adopción de la laparotomía exploradora como tratamiento del trauma abdominal penetrante durante la Primera Guerra Mundial. *Gac Med Caracas.* 2019;127 (3): 206-219.
14. Bradley M., Nealliegh, Oh J, Rothberg P, Elster E, Rich N. Combat casualty care and lessons learned. *Curr Prob Surg.* 2017; 54: 315-351.
15. Valls J. La caída del halcón negro y el nuevo manejo del paciente con heridas. Revista Vitae Academia Biomédica Digital.2019. 80; Oct-Dic.
16. Mabry R, Holcomb J, Baker A, Cloonan C, Uhhorcharck J, Perkins D, Confield Hagmann J. United States Army Rangers in Somalia. *J Trauma* 2000; 49:515-28.
17. Grau L. Mars and Hippocrates in Megapolis. *US Army Med Dept J.* 2003; Nan-March.
18. Bowley D. Penetrating vascular trauma in Johannesburg. *Surg Clin N Am.* 2002;82(1):221-235.
19. Maddry J, Arana A, Mora A. Advancing prehospital combat casualty evacuation. *Military Medicine.* 2021; 186 (March/April).e366-372.
20. Nauman D. War surgery and transfusión in makeshift hospitals in beleaguered cities. *Lancet.* 2022; 399: 1299.
21. Schreiber M. The beginning of the end for damage control surgery. *Brit J Surg.* 2012; 99 (Suppl 1): 10-11.

