



Facultad de Estudios Superiores  
**IZTACALA**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
LICENCIATURA EN ENFERMERÍA

TESINA

ENFERMERÍA ESPACIAL:  
UN NUEVO HORIZONTE PARA EL CUIDADO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ENFERMERÍA

PRESENTA

CARLOS RAMÍREZ CHAVERO

DIRECTORA DE TESINA

DRA. NORMA IVETTE BELTRÁN LUGO

LOS REYES IXTACALA, 2023.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*AGRADECIMIENTOS..*

A mis padres que estuvieron y están presentes en los 20 años de educación que me han dado y por ser un ejemplo que me sirven de guía. Por darme amor, apoyo y lo necesario para vivir mis pasiones y buscar respuestas a mis inquietudes.

A mi hermano que logre todo aquello que se proponga, porque sé que llegara lejos.

A mi papá cuya admiración que tengo es inmensa, su paciencia y cariño que me ha dado por más de 23 años y de igual manera a mi mamá que siempre me procura a mí y nuestra familia.

A mi asesora de trabajo la Dr. Norma Ivette Beltrán Lugo, por confiar en mí y en mi trabajo, y de igual manera, agradecerle por las oportunidades proporcionadas a lo largo del año.

A Cuauhtemoc mi compañero de servicio social que me apoyo y me animo a realizar el trabajo y por compartir momentos increíbles durante cada día del servicio social.

A mi amiga Iridian, quien fue la persona que me inspiro y me mostro el libro con el que se empezó la idea de este trabajo.

A mis mejores amigos Erik, Nataly, Karen, Xareth, Cuauhtemoc e Iridian que han estado presentes en momentos buenos y malos durante la carrera y siempre animándome en cada paso que he dado.

A mis profesores de módulos clínicos que siempre me inspiran y me demuestran lo increíble que es la carrera y por ser el ejemplo de la clase de profesional y de persona que quiero ser.

A los profesores José Guadalupe e Irving López, por enseñar una ciencia en la que creo y una ciencia no muerta, al igual que han sido guías en mi trayectoria académica y gracias por la confianza impuesta en mí.

Gracias a Dios por darme tiempo y energía para desarrollar este trabajo.

Dedicado para los colegas que hacen realidad sus sueños, que son idealistas, que creen en un mundo mejor, a los curiosos, a los que aprenden, a los que son pacientes, a los que el mundo les queda pequeño... A todas aquellas personas que dudan y le temen al fracaso, a las que se sienten inferiores y creen que no lo conseguirán, a las que se ponen o ven una barrera a cada ilusión. Que este manuscrito sirva de inspiración a lograr lo que desean, que intenten y hagan caso a su propia curiosidad, que no teman conocer todo lo que pueden alcanzar.

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	5
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
Generales.....	10
Específicos .....	10
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I. CONTEXTUALIZACION .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. ANTECEDENTES HISTORICOS .....</b>	<b>15</b>
ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
<b>CAPÍTULO III. ENFERMERÍA EN EL ESPACIO .....</b>	<b>27</b>
AVANCES EN INVESTIGACIONES DE SALUD ESPACIAL .....	29
<b>CAPITULO IV. VALORACIÓN DE LA PERSONA ASTRONAUTA.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA DE EXPLORACIÓN DE LA PERSONA ASTRONAUTA .....</b>	<b>39</b>
<b>VALORACIÓN POR APARATOS Y SISTEMAS PREVIO AL VUELO .....</b>	<b>39</b>
Sistema cardiovascular y circulatorio.....	39
Sistema neurológico .....	44
Sistema respiratorio .....	49
Sistema musculo-esquelético .....	50
Sistema digestivo .....	52
Sistema renal .....	53
<b>Efectos de la radiación cósmica .....</b>	<b>54</b>
<b>Propuesta de valoración con las 14 necesidades de cuidados de Virginia Henderson .....</b>	<b>55</b>
<b>1. Necesidad de respirar normalmente .....</b>	<b>56</b>
<b>2. Comer y beber adecuadamente.....</b>	<b>60</b>
<b>3. Necesidad de eliminación .....</b>	<b>66</b>
<b>4. Moverse y mantener posturas adecuadas .....</b>	<b>69</b>
<b>5. Dormir y descansar .....</b>	<b>71</b>
<b>6. Ropa adecuada para vestirse .....</b>	<b>73</b>
<b>7. Mantener la temperatura corporal.....</b>	<b>75</b>
<b>8. Higiene corporal e integridad de la piel .....</b>	<b>77</b>
<b>9. Evitar peligros ambientales y evitar lesiones en otras personas .....</b>	<b>79</b>
<b>10. Comunicación con los demás .....</b>	<b>82</b>

<b>11. Practicar las creencias</b> .....	84
<b>12. Trabajo gratificante</b> .....	85
<b>13. Desarrollo de actividades lúdicas y recreativas</b> .....	86
<b>14. Aprender a satisfacer la curiosidad</b> .....	88
<b>Propuesta de una primera valoración (qué debe incluir):</b> .....	89
<b>Diagnóstico e intervenciones de enfermería acorde con los cambios más evidentes e importantes de los sistemas.</b> .....	90
Insuficiencia cardiaca .....	90
Litiasis renales.....	92
Osteopenia .....	93
Anemia .....	94
<b>CONCLUSIONES</b> .....	94
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	95

## INTRODUCCIÓN

El trabajo consiste en una investigación de tipo documental, misma que tiene como objetivo identificar nuevos alcances en los que la enfermería puede desarrollarse a través de la innovación de su práctica y también inspirar a los colegas de esta disciplina sobre las oportunidades de extender la divulgación científica a través de un enfoque multidisciplinario.

Para el presente se consultaron diferentes fuentes bibliográficas que le dan sustento a la importancia de la propuesta que está dividida en cinco capítulos:

Capítulo 1. Contextualización: en el que se aborda de manera general el contexto filosófico del entendimiento, comprensión y la curiosidad del ser humano visualizada desde un punto de vista antropológico, evolucionado hasta llegar a las preguntas que hoy en día nos planteamos como especie, dando así lugar a un argumento del por qué surgieron avances para emprender el vuelo y así llegar a la historia que sustenta un periodo de la humanidad por querer alcanzar el cielo y las estrellas.

El segundo capítulo llamado “antecedentes históricos” recorre desde Leonardo Da Vinci hasta nuestros antecedentes nacionales por llevar al hombre al espacio y los avances que se han tenido para lograr dicha hazaña, de igual forma se desarrolla de manera cronológica para una mayor comprensión del tema histórico.

El tercer capítulo habla de la primera enfermera astronauta que participó en misiones para la carrea espacial, siendo esta una de las pioneras en abrir el camino que permite la realización de este trabajo; y también de avances tecnológicos donde enfermería puede participar para el desarrollo de nuevas líneas de investigación que recorren el estudio de adaptación fisiológica, formas de mantener una monitorización hemodinámica no invasiva, cambios del cuerpo humano al regreso a la tierra y maneras de incorporarlo al envejecimiento, dieta y el desarrollo de la resolución del problema de donación de órganos.

De igual forma, la dieta que se tiene para personas astronautas resulta de importancia para las líneas de investigación de enfermería, dando apertura a la generación del conocimiento tanto del paradigma cualitativo como cuantitativo.

El cuarto capítulo habla de la valoración de la persona astronauta en cuanto al perfil bioquímico y generalizado del cuerpo, valoraciones hemodinámicas del sistema nervioso, cardiovascular, respiratorio, oftálmico.

El quinto capítulo sobre la valoración de la persona astronauta está dividido por sistemas, empezando por el cardiovascular, seguido del neurológico, respiratorio, musculo esquelético, digestivo y urinario.

Posteriormente se abarca una propuesta con base en las 14 necesidades para realizar por el personal de enfermería a cargo de la persona astronauta y de igual forma una sugerencia de diagnósticos con base en los principales cambios del astronauta en su adaptación espacial.

La conclusión abarca la oportunidad de la disciplina por indagar en este nuevo campo de estudio en conjunto con las especialidades de la misma para un mejor desarrollo del área espacial.

## JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional, la Agencia Espacial Mexicana cuenta con programas dedicados a la ciencia enfocada al espacio, carreras como ingenierías, físicas y matemáticas han encaminado al país a formar parte de equipos a nivel internacional y nacional. Los avances por parte de las universidades y los programas dedicados a proyectos espaciales han tenido mayor apertura en los últimos años, esto permite crear, innovar, adaptar y mejorar los proyectos que le den apertura al hombre por alcanzar las estrellas.

Los viajes a espacio exterior traen consigo nuevos datos para uso en salud, educación, en innovaciones en ciencia y tecnología, mostrando que la exploración espacial va más allá de sobrevolar la tierra y crear satélites. Desde 1972 que fue el último año donde el ser humano viajó a la luna, se ha tenido la curiosidad de ir más lejos, llegar a marte es uno de los objetivos que se tienen actualmente y de los más esperados a nivel mundial, ya que permite la creación de más programas, más investigaciones, mayor fuente de empleos y de negocios, por ejemplo, la empresa “Space X” y sus objetivos por llegar a marte son prometedores y ha estado presente en viajes comerciales desde 2021<sup>1,2</sup>.

En la Gaceta de la UNAM de septiembre de 2022, se menciona al canciller Marcelo Ebrard firmar un acuerdo con la NASA para que México también participe en el programa Artemis, donde, la UNAM tiene un laboratorio de nano satélites ubicado en el Instituto de Ciencias Nucleares, coordinado por Gustavo Medina Tanco, y el estado de Hidalgo se ha asociado con esta casa de estudios para crear otro laboratorio, también dedicado a pequeños satélites, y se ubicará en Pachuca<sup>3</sup>.

Además, existe el deseo por parte de las autoridades federales y estatales para que nuestra nación participe y se beneficie de las ventajas que dejara y que vendrán del proyecto Artemis.

Actualmente, el panorama para integrar el sector salud al área espacial parece estar creciendo y se evidencia a través de investigaciones que se han publicado por parte de

revistas científicas, sin embargo, a nivel nacional en la página de solicitudes de empleo para programas de la Agencia Espacial Mexicana (AEM) en el año 2023, no aparece un proyecto donde se vea la incorporación de medicina, enfermería, psicología o biología. En este sentido, parece que una de las carreras más solicitadas es, indiscutiblemente, la ingeniería en varias de sus áreas ya que existen proyectos para mandar micro robots que evidentemente son desarrollados por esta disciplina <sup>4</sup>.

En este nuevo campo, enfermería destaca sus roles profesionales en pro de la salud y el bienestar de los astronautas, desde su selección y seguimiento durante su entrenamiento hasta las misiones espaciales y su regreso.

Algunas de las funciones a desarrollar en mayor profundidad, son la selección y evaluación del astronauta así como su preparación para el posterior entrenamiento, supervisión de la salud en el espacio. El cuidado de la persona en la prevención y atención de enfermedades y lesiones son de suma importancia; si desde el paradigma disciplinario brindamos una atención holística, la salud mental del astronauta también necesita ser preservada.

En este sentido surgen nuevas líneas para la generación de nuevos conocimientos sobre áreas poco exploradas para el desempeño de los enfermeros y enfermeras, por eso es importante que el rol de investigación esté presente en el cotidiano de la enfermería espacial para el desarrollo de nuevas maneras de otorgar cuidados y de investigaciones que guíen el quehacer y el porvenir de la disciplina en campos nuevos como del que se trata en este trabajo.

La carrera de enfermería, en la facultad de estudios superiores Iztacala, reza en su misión “Formar profesionales de enfermería que desarrollen una práctica ética y humanizada, basada en el conocimiento e investigación científica, con pensamiento crítico y liderazgo en la toma de decisiones promoviendo la participación multi e inter disciplinaria mediante la práctica”<sup>(5)</sup>, por lo tanto se considera que el presente trabajo puede aportar para el desarrollo profesional a través de conocimiento que otorga la disciplina y las investigaciones científicas que se verán desarrolladas por el personal de enfermería para innovar en nuevos campos de estudios antes no visualizados.

Por lo tanto, la enfermería espacial debe empezar a ser reconocida a nivel nacional e internacional, para con ello fomentar el desarrollo y respuesta de necesidades en ámbitos como el educativo, investigativo, asistencial y gerencial, dando espacio al desarrollo de innovaciones para el cuidado y la atención de salud de la persona astronauta.

## OBJETIVOS

### Generales

- Identificar nuevos alcances en los que la enfermería pueda desarrollarse a través de la innovación de su práctica.
- Inspirar a los colegas de enfermería sobre las oportunidades de extender la divulgación científica a través de un enfoque multidisciplinario.

### Específicos

- Describir los cuidados de enfermería en el paciente que se entrena como astronauta.
- Sentar las bases para el desarrollo de un programa de módulo optativo, dentro del plan de estudios, sobre enfermería espacial.

## METODOLOGÍA

La construcción de esta tesina partió de una investigación de tipo documental en la que, de manera minuciosa, se abordó el tópico de la relación entre enfermería y la salud espacial, la literatura que se incluyó para esta investigación se obtuvo de fuentes nacionales e internacionales, países como Estados Unidos principalmente.

Para el enfoque teórico-metodológico en enfermería se parte de las necesidades básicas acorde al modelo de Virginia Henderson, dividido en tres fases, previo al vuelo, durante la misión y de regreso a la tierra en apoyo con una propuesta para la evaluación de regresó.

La base de datos utilizada para la obtención de información fue a través de navegador booleano usando palabras clave “enfermería”, “espacial” al igual que “medicina espacial”, “medicina aeronáutica”, “adaptación fisiología espacial”, “Physiologic adaptation in microgravity” encontrando así textos de origen nacional e internacional.

Para determinar la inclusión de la información se partió por dividir el trabajo en capítulos y con base en ello recabar información acorde a los capítulos seleccionados de artículos, libros, revistas e investigaciones de las fuentes originales.

Como parte de la formación para la elaboración de la investigación, se asistió a una ponencia sobre enfermería espacial impartida por la Asociación Mexicana de Estudiantes de Enfermería A.C sobre “Enfermería Espacial”. Dentro del contexto nacional se revisó el 8vo congreso mexicano de medicina y salud espacial del 5 al 7 de octubre de 2022, donde se recogió información de expertos en áreas físicas, ingeniería, medicina, con afinidad al tema espacial y del cosmos. Con la revisión del congreso, sirvió de fuente de información reciente dentro del ámbito nacional, pudiendo así darle una mayor y fuerte vinculación al área de salud y vinculación de la disciplina de enfermería.

## CAPITULO I. CONTEXTUALIZACION

El ser humano es capaz de entender y comprender los diferentes fenómenos que lo rodean, a partir de ahí se ha encargado de buscar conocimiento de su entorno que le permita llegar a la verdad a través de la realidad de las cosas en el espacio y universo. La imaginación, la creatividad, la ciencia, la investigación y la visión del ser humano han formado parte fundamental de lo que hoy en día se ha llegado a conceptualizar y conocer sobre nuestro universo.

Bacon, un filósofo inglés, al referirse a la ciencia decía que “la ciencia es poder”<sup>6</sup>, y bajo este pensamiento podría argumentarse que quien conoce las leyes de la naturaleza tiene el poder de dominarla, pero pensar de esa forma resulta egoísta cómo especie, ya que solo permite que el ser humano abuse de su conocimiento y de su capacidad para razonar sobre el uso de sus recursos a través del poder de la ciencia, sin embargo, es cierto también que conocer las leyes de la naturaleza y del universo nos permitiría desarrollar nuevas estrategias para el mejoramiento de la especie y su evolución.

Es la curiosidad del ser humano y su inquietud la que lo ha llevado a cuestionarse y rebasar fronteras que en tan solo años pasados parecía imposible, y que todo apunta a volver realidad películas de ciencia ficción, ya que el ser humano tiene una necesidad imparable por conocer y desarrollarse con el medio, es decir, adaptarse a nuevos ambientes y evolucionar.

Las nuevas tecnologías y avances en las mismas, modifican a la especie de maneras sorprendentes, desde modificaciones genéticas, en la educación, en el sector productivo y también en salud, lo que lleva a una inherente evolución del ser humano, ya que la evolución está sujeta al medio en el que se desarrolla el ser, por tanto, es razonable pensar que el futuro del ser humano evolucionara conforme se vaya desarrollando en nuevos ambientes. La tecnología es capaz de transformar y moldear el mundo a las necesidades humanas, pero la ciencia también es capaz de cambiar vidas.

La historia del ser humano desde un punto de vista antropológico ha desarrollado habilidades y evolucionado de manera inimaginable para convertirse en lo que hoy en día somos. Empezó desde el australopitecos, que logra una marcha en bipedestación modificando las estructuras anatomofisiológicas donde el sistema osteomioarticular empezó a cambiar, donde en la sabana por sobrevivir a usado su ingenio e intelecto para desarrollar habilidades y destrezas, así llegamos con el homohabilis, con la habilidad de usar herramientas del medio para ir desarrollando su habilidad con los pulgares, luego el homoerectus dando mayor desarrollo a los cambios anatomofisiológicos del cuerpo y generando un criterio a través de su conocimiento y raciocinio para usar herramientas de su entorno para uso personal, y con toda esa evolución genética detrás, llega a ser capaz de predecir eventos futuros para seguir sobreviviendo hasta llegar con el homo sapiens-sapiens, cuya estructura anatomofisiológica es la que actualmente conocemos y estudiamos. Así es como la adaptación en el medio permite una evolución en los seres humanos dando una estructura al cuerpo que le ha permitido razonar, pensar, crear, comunicarse, estudiar y desplazarse por el espacio que lo rodea, que no es más que el uso del método científico.

Los primeros pensantes ocupaban de una manera tan simple el método científico en su día a día que le permitió llegar a diferentes lugares y mantener su supervivencia como especie, desde el entender su entorno, elaborar algunas hipótesis del porqué de las cosas, predecía lo que podría ocurrir y usando su intelecto anticiparse a ciertos eventos y usarlo a su favor. Esos homínidos que sobrevivieron fueron dejando su material genético y con ello, la capacidad de comprender y cuestionar las cosas, e intentar resolver los mitos del hombre al siglo XXI, resolver problemas que la física, filosofía han compartido con el mundo, preguntas como ¿Qué somos?, ¿Quiénes somos?, ¿De dónde venimos?, ¿Hacia dónde vamos?, y muchas otras por resolver <sup>7</sup>.

En este sentido, llegar a un conocimiento absoluto para el entendimiento de las cosas que nos rodean resulta complicado. El conocimiento es el entendimiento a través de ideas y conceptos para generar una mayor comprensión del objeto que se observa o se estudia, así

llegamos a la investigación documental de este trabajo que le permitirá a la disciplina generar un nuevo criterio para el futuro de la enfermería espacial.

Como punto de partida es necesario conocer las inquietudes del ser humano por buscar nuevas fronteras, al igual que conocer los avances que se han realizado a lo largo de la historia para comprender la visión que hoy en día se tiene por llevar al ser humano al espacio.

## CAPÍTULO II. ANTECEDENTES HISTORICOS

### EL HUMANO EN EL ESPACIO

El ser humano, desde hace siglos se ha preguntado y creado historias, novelas, obras y películas que involucran el cielo, las estrellas y el espacio exterior. Hoy en día sabemos que uno de los incursores para poder llevar al humano a volar fue Leonardo Da Vinci, con ideas en ingeniería muy avanzadas a su época con la creación de máquinas que le permitieran volar. Su creación de “el tornillo aéreo”, supuso una gran innovación que ha servido como punto de partida para la realización de otros instrumentos. El tornillo aéreo fue ideado en 1486 y es considerado el precursor del helicóptero moderno. El instrumento consistía en una placa de base circular, con un eje atravesado por un tornillo de unos 10 metros de diámetro, realizado con una estructura de cañas, revestidas de tela, de lino almidonado, y reforzado por un borde metálico <sup>8,9</sup>. Hoy en día sabemos que Leonardo no logró descifrar los secretos del vuelo, pero llegó a diseñar un paracaídas que permitiría a un hombre arrojar sin peligro desde cualquier altura. Este invento de acuerdo con Cecilia Tomasini “consistía en un enorme aparato de forma piramidal, que disminuía la velocidad de la caída gracias a la resistencia opuesta por su enorme superficie” <sup>9</sup>.

Posteriormente el físico Johannes Kepler (precursor del trabajo científico de Newton) redactó una historia de querer llegar a la luna, aquel físico creador de las famosas leyes de Kepler, abordó la idea de llegar más lejos que el cielo visible en su obra “Somnium”, en este relato plantea la historia de un personaje que viaja a la luna, esto nos da indicativos de que empieza una idea por querer ir a explorar y visualizar los objetos planetarios entre 1600-1630, podemos adjudicarle a Kepler ser uno de los pioneros de ciencia ficción ya que describe en su obra un paseo lunar y la manera de llegar a la misma <sup>10</sup>.

Es difícil creer que autores que no tienen relevancia clínica en salud aporten datos clínicos referentes a las visiones en navegación aeroespacial como fue el caso de Kepler, y de igual manera se puede incluir al matemático y geógrafo Antonio Ulloa. En 1735 Antonio Ulloa

describió en Perú el cuadro clínico de la hipoxia: cansancio, vértigo, lipotimia, disnea y pirexia<sup>11</sup>.

En este sentido, es importante mencionar que fue hasta 1783 que el hombre consiguió navegar en el aire; el 19 de septiembre de 1783 los hermanos Michel Joseph y Étienne Jacques de Montgolfier realizaron un experimento con su globo recién inventado (“Montgolfiera”) para describir si el hombre era capaz de soportar la ascensión a las capas altas de la atmósfera. Para corroborar su hipótesis, colocaron un carnero, un gallo y un pato en la barquilla del globo y realizaron con éxito el primer experimento de la medicina aeronáutica. Debido a su gran proeza, el rey condecoró a Étienne Jacques con la Orden de San Miguel <sup>11</sup>.

Una vez que los experimentos de los hermanos Montgolfier resultaron exitosos, se empezaron a desarrollar teorías y experimentos hasta llegar con los primeros hombres que consiguieron volar. Los franceses François Pilâtre de Rozier y François Laurent d'Arlandes, el 21 de noviembre de 1783, volaron poco más de veinte minutos, llegando a la altura de mil metros y cubriendo una distancia de 12 kilómetros, esto es, sobrevolando París de una punta a otra <sup>12</sup>.

No paso mucho tiempo y el primer vuelo sobre el canal de la Mancha causó demasiada sensación de euforia por los avances en navegación aérea, y así fue como en 1785, el precursor francés, Jean-Pierre Blanchard<sup>12</sup> logro realizar la inimaginable y audaz hazaña.

De la misma manera el 5 de septiembre de 1862, el meteorólogo británico James Glaisher, que había realizado una serie de vuelos en globo de carácter científico con el aeronauta Henry Coxwell, bajo los auspicios de la British Association for the Advancement of Science, redactó el primer informe detallado sobre los síntomas del mal de altura; en relación con un vuelo en el que alcanzaron los 7 000 metros de altura. Glaisher en su informe mencionó que “había creído asfixiarse y no poder realizar ningún experimento, y que llegaría la muerte si no descendían rápidamente”; había experimentado un desmayo de unos 5 minutos, sin consecuencias posteriores<sup>11</sup>.

Mientras tanto en México, se destaca la vida y la obra del fisiólogo Daniel Vergara Lope, como uno de los pioneros de la ciencia médica mexicana. El doctor Vergara Lope fue el primero en describir algunos de los mecanismos fisiológicos de adaptación a la altura. Daniel Vergara Lope menciona, que en mayo de 1884 hizo observaciones que le despertaron interés en el tema.

El 24 de mayo de 1890, se graduó como médico con un examen práctico en el Hospital de San Andrés. Llegando así a su trabajo de tesis; *Refutación teórica y experimental de la teoría de la Anoxihemia del doctor Jourdanet*. El texto fue publicado poco después y se trata de una defensa científica a los mexicanos del altiplano, que, según el médico francés, padecían “*anemia intelectual*”<sup>5</sup>. El medio geográfico los estigmatizaba, porque la baja presión (585 mmHg) y la altura elevada (2277 m s. n. m.) hacían que respiraran un aire enrarecido con baja concentración de oxígeno. El trabajo del Dr. Vergara<sup>13</sup> logró rebasar los requerimientos de una tesis de pregrado y su contenido queda descrito, del cual se cita textualmente:

“Los mexicanos no seremos una miserable raza, víctima fatal del medio cósmico en que se ha colocado, e incapaz de toda clase de progreso. Pónganse las cosas en su verdadero lugar, son mis deseos y los de todo aquel que busque la verdad”<sup>14</sup>.

Para 1900 los avances en tecnología, física y en general todas las ciencias permitieron tener un desarrollo mucho más rápido por intentar llevar al hombre al espacio. Es importante recalcar que no hay justificación alguna en las guerras para que valga la pena matar a más de 80 mil seres humanos, pero los conflictos bélicos y la guerra propicia el desarrollo tecnológico. Los alemanes desarrollaron una serie de cohetes con fines armamentistas, sin embargo, tras el fin del conflicto de la segunda guerra mundial, lleva a que la unión soviética y los estados unidos empiecen a desarrollar una lucha por misiones de llevar al humano a orbita.

Algunas ideas sobre la creación de cohetes espaciales surgieron cuando Goddard publicó *“Método para alcanzar alturas extremas”* (1919), esto fue antes de fabricar y lanzar el primer cohete en 1926; a su vez, Oberth desarrollo teorías de los vuelos dirigidos más allá de la atmósfera en *“El camino hacia los viajes espaciales”* (1929) y los estudios sobre cohetes balísticos bélicos comenzaron en 1932 con los trabajos de Dornberger y Von Braun. Estos fueron un paso previo a los devastadores misiles V-2 lanzados en la Segunda Guerra Mundial sobre Londres y, en octubre de 1957, se logró realizar el salto con el Sputnik 1, primer satélite artificial de la Tierra, que tras orbitar nuestro planeta durante tres meses se desintegró al reingreso en la atmósfera<sup>15</sup>.

Wernher Von Braun ingeniero alemán nacionalizado estadounidense en 1955 fue pionero tras ayudar en la creación de los cohetes Saturno y que posteriormente serian usados en el programa espacial estadounidense, lo que hoy conocemos como NASA (administración nacional de aeronáutica y el espacio) por sus siglas en ingles fue creada el 29 de julio de 1958. A partir de la creación de la NASA, se han realizado investigaciones que proporcionan siempre nuevos datos para el alcance de llegar y permanecer mayor tiempo en espacio exterior.

A partir de la mitad del siglo 20 la NASA se ha involucrado y esmerado por llevar al ser humano al espacio, sin embargo, el primer gran reto del ser humano fue vencer la fuerza de resistencia para llegar a la atmosfera terrestre. Con ayuda de Newton y su tercera ley de acción reacción, lograron generar avances en desarrollar cohetes capaces de tener una propulsión adecuada para llegar a la atmosfera. Las fuerzas para vencer la fuerza de gravedad y llegar a la atmosfera también afectan fisiológicamente al cuerpo humano, por lo que a partir de la curiosidad científica se empezó a idear en como enviar organismos al espacio para ver cómo reacciona el cuerpo ante las fuerzas G y la elevada altitud. Más adelante, el 4 de octubre de 1957, el Sputnik 1 se lanzó con éxito y entró en la órbita terrestre. Así comenzó la era espacial<sup>16</sup>.

El lanzamiento generó conmoción en el mundo, dando a la antigua Unión Soviética la distinción de poner el primer objeto hecho por el hombre en el espacio. La palabra “Sputnik” originalmente significaba “compañero de viaje”, pero se ha convertido en sinónimo de “satélite” en el ruso moderno<sup>17</sup>.

Es sabido que el ser humano no es perfecto, comete errores todo el tiempo, pero es imprescindible aprender de las fallas y fracasos que se tienen para avanzar en metas y objetivos, de eso se trata el poder generar avances, el aprender de las fallas y el adquirir conocimiento de los mismos, es la única manera en la que el ser humano ha podido enfrentar retos y afrontar adversidades, a través de prueba y error pues Samuel Becket decía: “Inténtalo, vuelve a fallar. Falla mejor”<sup>18</sup>.

De acuerdo con una revista del *SpaceViews* en una de sus publicaciones del capítulo de Boston de la National Space Society (NSS), hubo un desastroso fracaso del intento de lanzamiento del Vanguard TV-3 el 6 de diciembre de 1957, donde el equipo del *Naval Research Laboratory* tuvo que recuperar y reconstruir de nuevo el proyecto debido al daño de la explosión por fallas en las líneas de combustible, por lo tanto, tuvo que ser reprogramado para febrero de 1958<sup>19</sup>. Hablar de todos estos errores se relacionan con la disciplina debido a que al igual que se revisa exhaustivamente un cohete para evitar fallas que lleven a la muerte de los astronautas, es enfermería en conjunto con medicina quien deberá realizar exhaustivamente el estado de salud de las personas enviadas a misiones en exterior, esto debido a que existen fuerzas y energía y radiación que resultan dañinos al humano, por lo que cualquier interacción podría costarle la vida a la persona si es enviada sin revisión para soportar la misión.

De igual forma, el retraso le permitió al equipo ABMA dirigido por Wernher Von Braun el lanzamiento de Juno 1<sup>19</sup>, que fue lanzado el 31 de enero de 1958 y que consistía en 4 etapas para poner en órbita el primer satélite americano, el “Explorer 1”. Este último permitió confirmar la existencia de Cinturones de Irradiación que protegen a la Tierra, llamados Van

Allen en honor a su descubridor<sup>20</sup>. Dichos cinturones de radiación se sabe que tienen efecto acumulativo de radiación, rayos cósmicos galácticos y energía solar, que pueden ser perjudiciales en la salud del astronauta. Un artículo de revisión publicado por la Revista de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma encontró que “la dosis equivalente de radiación espacial es entre 200 a 400 mSv/año con efectos acumulativos sobre la salud; en consecuencia, los riesgos que provoca en la salud son directamente proporcionales con el tiempo de viaje y la distancia recorrida por la nave con respecto a los campos de Van Allen”<sup>21</sup>.

Para febrero de 1958, cuando el TV-3BU despegó, parecía ir todo bien según los planes, sin embargo, a una altitud de 460 metros el sistema de control del cohete de aceleración rápida no funcionó, pues las señales eléctricas del sistema del cohete hicieron que en lugar de ir de modo ascendente fuera apuntando hacia abajo, partiéndose en dos después de haber tenido 57 segundos de vuelo. Una vez más, el segundo intento por llevar al Vanguard al espacio había sido un fracaso<sup>19</sup>. Es importante la mención de esto, pues al llevar tripulantes se hablaría de un final fatídico: la revisión del diseño de la nave y las pruebas de vuelo permiten desarrollar estrategias de acción en caso de un desastre que involucre organismos vivos. Dado que éstos depende de las variables como presión, temperatura y concentraciones de O<sub>2</sub> según la altitud para preservar la vida sin dejar de lado toda la valoración integral del estado de salud.

Después de algunos intentos fallidos, para marzo de 1958, se volvió a intentar llevar al cohete Vanguard al espacio, pero esta vez con la hazaña de conseguir que la misión fuera un éxito, en marzo de 1958 el TV-4 logro despegar y subir al cielo soleado de Florida<sup>19</sup>, demostrando que no importa cuántas veces el ser humano falle, siempre habrá maneras de realizar metas como especie.

## LA VIDA TERRESTRE EN EL ESPACIO

Fue el máximo dirigente soviético, Nikita Jrushov, quien tuvo la idea de poner en órbita una nave tripulada. Así fue como se decidió el destino de Laika, quien fue puesta en órbita el domingo 3 de noviembre de 1957 a las 10:28 de la noche en el Sputnik-2 <sup>22</sup>.

De acuerdo con bibliografía encontrada por la revista *¿Cómo ves?*, editada por la UNAM, Laika iba con un traje espacial que contaba con sensores que monitoreaban su ritmo cardiaco, presión arterial y respiración. La canina viajó en una cabina cilíndrica de 80 centímetros, donde podía beber agua y tomar alimentos con la consistencia de una gelatina, suficientes para alimentarla por siete días. Sin embargo esta murió de calor y pánico cinco horas después del despegue. El Sputnik 2 siguió en órbita alrededor de la Tierra hasta el 14 de agosto de 1958, día en que se incendió al reingresar en la atmósfera terrestre. Con la información obtenida en esta misión, cuatro años después fue enviado el primer ser humano al espacio <sup>22</sup>.

La URSS (Unión de Republica Socialista Soviética) se adelantó al 12 de abril de 1961 al enviar a Yuri Gagarin (primer cosmonauta) al espacio, suceso que le convirtió en un héroe nacional y aceleró la carrera espacial entre la URSS y Estados Unidos<sup>23</sup>. Este primer astronauta a bordo de la Vostok 1, fuera el pionero de los viajes espaciales al pasar 100 minutos alrededor de la Tierra en 1961 <sup>15</sup>.

Posteriormente, en estados unidos el programa Mercury implicaba la construcción de una nave segura que permitiera a un astronauta llegar hasta la órbita terrestre sin ser destruido por las enormes velocidades que implicaba. El 20 de febrero de 1962 John Glen se convertiría en el primer estadounidense en orbitar la Tierra en la astronave "Mercury 6" colocada sobre un misil Atlas, adecuadamente modificado. Hasta ese momento los soviéticos ya habían lanzado 48 misiones orbitales y Valentina Tereshkova se convertiría en la primera mujer en ir al espacio, veinte años antes que Rally Ride la primera estadounidense en el espacio <sup>24</sup>.

Una vez diseñada la nave se tuvo que pasar a la selección de los tripulantes, inicialmente se habían escogido a siete astronautas de entre 110 pilotos militares preseleccionados: Alan Shepard, Virgil I. Grissom, Gordon Cooper, Walter Schirra, Deke Slayton, John Glenn y Scott Carpenter, pero finalmente sólo seis de ellos lograron volar debido a que Deke Slayton fue apartado del proyecto por una infección de oído <sup>25</sup>.

Las tecnologías y el ingenio del ser humano propicio a desarrollar innovaciones que le permitieran tener mayor comprensión sobre los riesgos que es llevar a un humano al espacio. El primer programa espacial tripulado de los Estados Unidos, Mercury, estuvo funcionando desde el año 1961 al 1963. Inicialmente la cápsula se probó con un mono y luego con un chimpancé llamado Ham. También hicieron una prueba con un maniquí electrónico que respiraba <sup>25</sup> y a partir de los resultados de las investigaciones y los datos obtenidos de las pruebas se decidió el envío de Alan Shepard al espacio para el 5 de mayo de 1961 a bordo de la nave Freedom-7, siendo el primer estadounidense en hacerlo. A este le siguió, nueve meses después, John Glenn quien se convirtió en el primer astronauta estadounidense en orbitar alrededor de la Tierra el 20 de febrero de 1962. En total, el Proyecto Mercury lanzó seis misiones al espacio. Y la última fue la de Gordon Cooper, el 15 de mayo de 1963 <sup>25</sup>.

Con tan solo 26 años de edad, en el año 1963, Valentina Vladímirovna Tereshkova se convirtió en la primera mujer de la historia en viajar al espacio a bordo del Vostok-6, pues en 1962 fue seleccionada entre más de 400 candidatas para su ingreso en el cuerpo femenino de cosmonautas. Orbitó 48 veces la Tierra en un viaje espacial de 70 horas y 50 minutos de duración. Sin embargo, no todo salió de acuerdo a los planes de la misión, ya que para el descenso tuvo que lanzarse en paracaídas desde más de 6 000 m de altura, después de abandonar la cápsula espacial tomando tierra en Karaganda (Kazajstán). Tereshkova tenía vértigo, y fue ocultado a sus superiores, lo pasó bastante mal en la nave, porque Tereshkova sufrió mareos y vómitos durante los tres días que duró su viaje por el espacio, suceso que le impidió tomar el mando de la nave, como estaba previsto <sup>26</sup>.

Tereskova presento algo que hoy en día conocemos como *síndrome de adaptación espacial*, el cual tiene una incidencia de hasta 60-80% en los miembros de la tripulación y consiste principalmente en la presencia de mareos a partir de la primera misión. Dura unas cuantas horas en lo que el cuerpo vuelve a adaptarse a su nuevo ambiente. En exposiciones cortas a microgravedad, el sistema neurovestibular en su afán de adaptarse a este ambiente origina cambios fisiológicos; síntomas generales como: náuseas autocontrolables, vómitos, mareos, sudoración, palidez, malestar general. Otros síntomas son: vértigo, cefalea, aletargamiento, movimientos descoordinados y disminución en la concentración <sup>24</sup>.

Es casi imposible que no nos hagamos los cuestionamientos a nosotros mismos de ¿Qué hay arriba?, ¿Qué lugar ocupamos?, ¿Que hay más allá?, ¿Puede el ser humano permanecer en el espacio? para empezar a responder estas preguntas y saber si el ser humano es capaz de sobrevivir por más tiempo en el espacio, se desarrolló el proyecto *Géminis* en 1965. De acuerdo con este proyecto de la NASA, en su libro *Technology and operations*, los objetivos generales del programa fueron desarrollar aún más la capacidad operativa en el espacio, consistiendo principalmente en vuelos de desarrollo y vuelos de larga duración <sup>27</sup>. Pareciera que todo aquello que nos resulta una locura, como orbitar la tierra, hoy en día solo forma parte de muchos esfuerzos e investigaciones de gente que tuvo la visión y la curiosidad de buscar nuevas formas de vencer obstáculos para la especie humana.

Al igual que la curiosidad va creciendo con el paso de los años y se desarrollan mejores tecnologías; en 1961 el presidente Kennedy anunció que se enviaría al hombre a la luna y regresaría con vida de aquel largo y extenso viaje con el programa “*Apolo*”. En julio de 1969 el *Apolo 11* alunizaba con dos astronautas a bordo, Neil Armstrong y Edwin Buzz Aldrin mientras su compañero Michael Collins se mantenía en órbita alrededor de la Luna. El primer hombre que pisó nuestro satélite fue Neil Armstrong, momento que se retransmitió a todo el mundo, más de 500 millones de personas vieron llegar el hombre a la Luna <sup>28</sup>.

## ANTECEDENTES NACIONALES

México también ha tenido personas que han impulsado la investigación en medicina espacial, como el doctor Ramiro Iglesias Leal, quien fue fundador de la Asociación Mexicana de Medicina Aeroespacial, y el primer ser humano en recibir e interpretar un electrocardiograma enviado desde una nave espacial, el del astronauta Anders, tripulante del Apolo VIII, en diciembre de 1968<sup>11</sup>. El Dr. Ramiro Iglesias Leal colaboró con el desarrollo de la medicina aeroespacial mexicana y en la fundación de la asociación mexicana de medicina aeroespacial.

Los primeros inicios para la creación de la agencia espacial nacional se dieron en la década de 1990. De acuerdo con la página del gobierno de México, La Sociedad Espacial Mexicana (SEM), una organización sin fines de lucro, entregó al entonces Presidente de la República, Ernesto Zedillo Ponce de León, y a la Comisión de Energía del Congreso de la Unión, una propuesta para la creación de la Agencia. Posteriormente, un grupo de académicos mexicanos manifestó dicho interés ante la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso. No obstante, a pesar de los diferentes esfuerzos, no se concretó la aprobación del proyecto<sup>29</sup>.

En 2005 fue presentada la iniciativa en la cámara de diputados para la creación de la agencia espacial mexicana, finalmente después de 1 año, el 26 de abril de 2006 fue aprobada por la cámara baja y canalizada al senado.

La Cámara de Diputados aprobó la iniciativa el 20 de abril de 2010. La Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana fue promulgada el 13 de julio de 2010 por el presidente de la República, Felipe Calderón Hinojosa; y se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 30 de julio de 2010<sup>29</sup>. Para el año 2012, el Dr. Ramiro Iglesias Leal publicó su libro "*Cardiología aeroespacial*", donde se analizan aspectos y comportamientos cardiovasculares durante la actividad espacial.

El libro “medicina espacial” fue publicado en 2016, aborda la adaptación fisiológica del espacio y escenarios posibles de la medicina espacial. El libro presenta un abordaje para empezar a estudiar y profundizar más las investigaciones en salud espaciales<sup>30</sup>. Posteriormente en 2018 dos estudiantes de la carrera de enfermería de la ENEO Rodrigo Gómez Ayala y Miguel Marcos Puente Durán, junto con la agencia espacial mexicana, la secretaria de comunicaciones y transporte y el consejo nacional de ciencias y tecnología publicaron el libro “enfermería espacial”. De acuerdo con la gaceta UNAM, es el primer libro especializado en estudiar los fenómenos biológicos, sociales y psicológicos de los astronautas en condiciones de micro gravedad. El objetivo de la publicación es proponer e implementar una valoración sistematizada, realizada desde el enfoque de atención sanitaria del profesional de la enfermería, en los astronautas cuyas necesidades básicas se alteran por las condiciones de micro gravedad, radiación, vibración, temperatura y presión.

De acuerdo con reportes de la Agencia Espacial Mexicana, el director de ésta ha informado sobre un proyecto denominado *COLMENA* que está instalado ya en la nave *Peregrine Lunar Lander*, de la empresa estadounidense y socio tecnológico Astrobotic, el cual está en espera para recorrer más de 380,000 kilómetros hasta el satélite natural de la Tierra. En este sentido se puede considerar que se trata de un logro para México al formar parte de Artemis-1, proyecto encaminado a ir nuevamente a la luna <sup>12</sup>.

Se sabe que en 2030 la Nasa planea misiones tripuladas a marte, cuidar la salud de los astronautas para dichas misiones es una de las metas por cumplir en los años próximos. El Dr. Carlos Salicrup Díaz de León, líder del equipo médico a marte, técnico en urgencias médicas, piloto aviador, con maestría en la nasa como médico aeroespacial está trabajando con el equipo médico en misiones de ambientes extremos en tierra como; medicina hiperbárica, subterránea, en selva, polar, montaña, desierto <sup>31</sup>.

Actualmente el Dr. Carlos Salicrup en colaboración con la empresa japonesa STONI, diseñaron un dispositivo que permitirá anestesiarse a una persona en el espacio, llamado “*e-mail ventilator*”, que es un dispositivo de equipo médico de anestesia y ventilación pulmonar que ayudará en misiones de larga duración para realizar un procedimiento quirúrgico o anestesiarse a los astronautas en misiones de larga duración, que necesiten estar un año o más tiempo anestesiados con nutrición parenteral y electrodos que estimulen a los músculos para evitar atrofia muscular y los huesos mantengan su masa mineral<sup>31</sup>.

## CAPÍTULO III. ENFERMERÍA EN EL ESPACIO

El programa *Apolo* estuvo integrado por varias misiones de prueba sin tripulación y 12 misiones tripuladas, de entre esas, tres se llevaron a cabo para orbitar la Tierra (Apolo 7, 9 y Apolo Soyuz); dos misiones orbitaron alrededor de la Luna (Apolo 8 y 10); una misión tuvo que ser abortada (Apolo 13); tres misiones fueron canceladas por razones económicas (Apolo 18, 19 y 20), y seis misiones llegaron a alunizar <sup>28</sup>.

Mientras la carrera espacial va en desarrollo, la ciencia de salud se hizo presente, la disciplina de enfermería tuvo grandes pioneras para que las misiones fueran un éxito en conjunto con la disciplina de medicina. Apoyaron para realizar perfiles de los candidatos astronautas, físicos y mentales. El caso de Dee O'Hara resulta de suma importancia en las misiones previamente mencionadas.

Dee O'Hara, conocida como la primera enfermera espacial estudio en la Universidad de Oregon, fue certificada en técnicas de operación de quirófanos, es conocida por iniciar el nuevo campo de estudio que hoy en día se conoce como **"Enfermería espacial"** <sup>32</sup>.

En aquellos años, para la NASA era importante poder mantener a los astronautas sanos y salvos durante las estancias en el espacio, por tal motivo, durante el proyecto "Mercury" (1961-1963) creó el primer programa de enfermería espacial con el cual se abría un nuevo campo de investigación <sup>33,32</sup>. La primera enfermera en ser asignada al cuidado de los astronautas fue Dee O'Hara, con lo que se convertía en la primera "Enfermera Espacial". Antes de ingresar al programa espacial de la NASA, Dee O'Hara fue enfermera de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos y cuando le ofrecieron el puesto como enfermera en la NASA, ella cuenta que no sabía lo que implicaba estar dentro del programa espacial, cuando su jefe le preguntó si quería el trabajo Dee O'Hara contestó: *"Bueno, imagino que sí"*, sin tener la mínima idea de lo que a futuro representaría, pero al final supo que era una gran oportunidad para desarrollar su carrera <sup>34</sup>.

Su primer trabajo fue con los astronautas del Proyecto Mercury, sin embargo, posteriormente fue asignada a los miembros de los programas, Geminis, Apolo, Skylab y

Apolo-Soyuz, y como principales tareas tenía la asignación de realizar estudios a los astronautas antes y después de cada vuelo, con el objetivo de detectar enfermedades o cualquier otra anomalía, lo que representaba tener que interactuar con los mismos astronautas, este hecho la llevó a ser bastante reconocida, otras participaciones tuvieron que ver con apoyar de la creación de laboratorios médicos<sup>33,34</sup>.

Dee O'Hara está posicionada actualmente como una de las mujeres ejemplo a seguir por la disciplina, por sus grandes logros en la apertura de la enfermería espacial para todos aquellos enfermeros y enfermeras que deseen contribuir a los grandes programas espaciales no solo en la NASA, sino a nivel internacional. Dee O'Hara es una enfermera que pasara a la historia de la disciplina como una de las enfermeras más influyentes por la manera en que cambio la forma de ver a la enfermería en un futuro, como una disciplina fundamental y pieza clave en el desarrollo de la salud del astronauta.

En 1991 se fundó la ***"Sociedad de Enfermería Espacial"*** por Linda Plush, con ayuda de la Dra. Martha Rogers (integrante de la escuela del Ser Humano Unitario) y de acuerdo con Mrs. Usha Randi esta sociedad puede fungir como foro para discusión y estudio de temas relacionados con la enfermería espacial y de igual forma como estos estudios impactan la enfermería en la tierra<sup>33</sup>.

Los avances en la tecnología y las investigaciones realizadas sobre inestabilidad cardiovascular y cinetosis propiciaron a indagar sobre las afecciones de los viajes espaciales en el ser humano; todo el ambiente en el que se desarrolla la persona resulta una amenaza para su salud, y el espacio exterior tiene en su naturaleza demasiados peligros para el ser humano, pero también muchas oportunidades de mejorar como especie, la radiación cósmica, las condiciones de vida bajo la microgravedad, la alimentación y los problemas anatomofisiológicos que se desarrollan en los viajes espaciales propicia el avance de investigaciones en salud.

En los años 80, la cardiología espacial tomó nuevos impulsos al desarrollar nuevos métodos de investigación del sistema circulatorio sanguíneo en el espacio. La grabación de un ECG

durante 24 horas, conocido en la actualidad como Holter fue realizado durante un vuelo espacial de larga duración.

Las ramas de la ciencia como lo es la química, la física, la ingeniería, la astronomía, y el área de la salud, debería incursionar en la ciencia del cuidado del ser humano en conjunto con la aeronáutica, ya que investigar en diferentes entornos y ambientes pueden desarrollar respuestas a situaciones donde el ser humano puede convertir en oportunidades para proporcionar soluciones a necesidades humanas en salud involucrando las diversas áreas de la ciencia.

En el 2016 el impacto de la investigación espacial ha sido retomado como un tema eje para los gobiernos del mundo, no sólo la NASA en Estados Unidos, también la European Space Agency (ESA), la agencia aeroespacial de exploración japonesa, la agencia espacial de la Federación Rusa y por supuesto la Agencia Espacial Mexicana (AEM), cuya contribución se ha centrado en materia de Medicina, y ha generado un gran impacto político y social en la investigación mexicana<sup>11</sup>.

## AVANCES EN INVESTIGACIONES DE SALUD ESPACIAL

### NASA

De acuerdo con la página oficial de la NASA, el 5 de octubre de 2022, la misión del *crew-5* de Space-X, con los cosmonautas Josh Cassada y Nicole Mann, tuvo como uno de los objetivos examinar el des acondicionamiento del sistema cardiorrespiratorio y cómo afecta el control de la presión arterial. En la investigación CARDIOBREATH, realizada por la Agencia Espacial Canadiense, los hallazgos que se podrían obtener permitirían tener una mayor comprensión de cómo mantener la salud de los astronautas en el espacio, pero no solo para ellos, debido a los viajes que realizan los astronautas al espacio, los cambios en el cuerpo son similares a los que se observan en los seres humanos a medida que envejecen en la tierra; esta investigación podría servir como ayuda para mejorar la salud en pacientes con edad avanzada en la tierra <sup>35</sup>.

En junio de 2022, la NASA recopiló información referente a la adaptación humana al espacio, donde incluyó estudios de la tripulación a cómo responden a la vida en microgravedad, la investigación “*standard measures*” recopila datos de medidas básicas, incluidos datos de salud conductual y rendimiento, perfiles celulares e inmunología, marcadores bioquímicos, cambios sensorio motores y salud cardiovascular. Estos datos permiten caracterizar de mejor manera las respuestas adaptativas a vivir en el espacio por tiempos prolongados para misiones de larga duración a otros planetas <sup>36</sup>. El papel de enfermería sería interesante ver su incorporación, ya que es sabido que el papel de enfermería en la monitorización hemodinámica no invasiva del paciente es experto.

Una camisa inteligente. Una investigación de la agencia espacial europea (ESA), el “*wireless compose-2*”. Desarrolla avances en la camiseta inteligente “*smart shirt*”, es una prenda que mide los movimientos corporales y los latidos del corazón, que a su vez usa una red inalámbrica para transmitir los datos de la estación espacial a la tierra. Hablando así de tecnología que podría llegar a servir de apoyo en un futuro para valorar y monitorizar a pacientes que se encuentren por motivos de salud, en aislamiento, en casa, y no descartar que su uso podría implementarse en otras áreas como en las profundidades del océano para exploraciones submarinas <sup>37</sup>.

### **Bio-impresión.**

La instalación *BioFabrication* (BFF, por siglas en inglés) vuelve a la estación espacial con el lanzamiento de la CRS-18 de Northrop Grumman, donde en su primer viaje de 2019 logró imprimir con éxito el primer menisco de la rodilla de un ser humano y una gran cantidad de células humanas del corazón. De acuerdo con las investigaciones y los resultados obtenidos, la microgravedad permite la impresión de muestras de tejido de mejor calidad que en la tierra, y esta tecnología de bio-impresión en 3D podrían ayudar en la escasez de órganos, imprimiendo órganos y tejidos de remplazo para transplantes, dichas investigaciones actualmente incluyen la BFF-Meniscus-2 y BFF-Cardiac <sup>38</sup>.

La BFF-Meniscus-2 evalúa características biomecánicas del tejido de cartílago de la rodilla impreso en 3D. El BFF-Cardiac es capaz de analizar muestras de tejido cardiaco impreso en 3D, lo que permitirá realizar más avances e investigaciones en producción de órganos y tejidos para trasplantes <sup>38</sup>.

En un artículo publicado por la NASA el 16 de septiembre de 2019, el Dr. Mike Roberts científico del laboratorio de E.U en la Estación Espacial Internacional explica la razón para el futuro de la bio-frabricación, en sus palabras textuales:

*“... Las células pueden desarrollarse hacia afuera, pero no hacia arriba o hacia abajo como sucede en el cuerpo humano.... Pero en la estación espacial, nuestros experimentos se llevarán a cabo en micro gravedad. Eso permite construir modelo de células en tres dimensiones, sin estar limitados al fondo de un plato o a la imposibilidad de desarrollarse en contacto con un montón de otras células”<sup>38</sup>.*

Las ventajas de estos experimentos y avances en la investigación apuntan en un futuro a poder crear un órgano humano viable, y dentro de la misma investigación contribuir al rechazo de órganos en la tierra, ya que los órganos trasplantados por donantes muchas veces son rechazados porque el sistema del cuerpo percibe al órgano como objeto extraño al cuerpo, y el sistema inmunitario activaría el sistema de defensa para así atacar el órgano y no permitir su adaptación al cuerpo. Con esta investigación se pretende que, con la capacidad de desarrollar tejido en el espacio, una persona podría usar sus propias células para fabricar su nuevo órgano, lo que podría evitar el rechazo del cuerpo. Uno de los pilares de enfermería es el rol administrativo, el interés por parte de la organización y creación protocolaria para la aprobación de candidatos posibles que cumplan con los requisitos de selección será interesante ver.

Aumento del crecimiento de las plantas. La investigación del “XROOTS” fue diseñado para implementar técnicas hidropónicas (a base de líquido) y aeropónicas (a base de aire), para cultivar plantas sin medios de cultivo tradicionales, lo que podría permitir la producción de

cultivo a mayor escala para la exploración espacial futura. El avance de las investigaciones nos permite abordar de diferentes maneras la forma de ver la alimentación para exploraciones espaciales, lo que debería resultar importante de estudiar para el personal de salud por la pérdida de masa muscular y alteraciones óseas que vive el astronauta, las actividades extra vehiculares requieren un gasto calórico importante, por lo que obtener alimentación adecuada de regreso a la estación permitiría reponer con la alimentación dicho gastó calórico-energético. Es importante ver la salud de manera holística si se quiere llegar a diferentes fronteras, y trabajar en conjunto con diferentes áreas de la ciencia para empezar a lograr mejores avances que beneficien al ser humano y sus demás habitantes de la tierra, porque la tierra no le pertenece al ser humano, pero es nuestro actual hogar, si bien la especie humana nació en la tierra, podría no extinguirse en ella <sup>39</sup>.

## CAPITULO IV. VALORACIÓN DE LA PERSONA ASTRONAUTA

### PREVIO AL VUELO

Previo a que el astronauta sea enviado a misiones en espacio exterior o actividades extra vehiculares en micro gravedad, es pertinente valorar el estado de salud del individuo que por durante días, semanas, meses y futuramente años mantendrán su salud y cuerpo en constantes cambios. Dichas valoraciones deben incluir una anamnesis muy bien detallada para evitar un riesgo mayor a su salud si es enviado con alguna alteración en su estado físico o mental, para ello enfermería cuenta con grandes modelos que le permiten, dependiendo del enfermero, realizar con mayor virtud y facilidad la valoración.

Dentro de las bibliografías encontradas, los trabajos documentales en relación con la enfermería espacial que realizaron Rodrigo Gómez Ayala y Miguel Marcos Puente Duran en colaboración con la Agencia Espacial Mexicana, son hasta este momento una de las referencias con una visión futura dentro de la disciplina. Para ellos y para la esta investigación, el uso del modelo de Virginia Henderson con sus 14 necesidades resulta de gran apoyo para realizar una valoración detallada del estado físico y mental del astronauta<sup>40</sup>. Recordando que este modelo es uno de los más aplicados por los enfermeros en las escuelas durante su formación, ya que sus aportaciones tienen una perspectiva holística del individuo, en este caso el astronauta, que incluye la parte biológica, mental, social y espiritual; las necesidades consisten en la respiración, la nutrición, la eliminación, el movimiento/ejercicio, el reposo y el sueño, el vestido, la temperatura corporal, la limpieza corporal, la seguridad del entorno, la comunicación y la relación social, la religión, el trabajo, el ocio y el aprendizaje <sup>41,42</sup>.

Por lo tanto, el manejo y el uso correcto de este modelo de 14 necesidades permitirán al enfermero que se encuentre en contacto cercano con el astronauta tener una perspectiva completa referente a su salud, permitiéndole así realizar prevención oportuna en caso de ser necesario.

En conjunto con la anamnesis se hace la exploración física; para poder entender los cuidados y cambios estructurales que más adelante se mencionan, es necesario comprender la forma física en la que se deben encontrar los astronautas y su preparación para las actividades a realizar en el espacio. Para ello la NASA tiene pruebas físicas y de laboratorio como pruebas de esfuerzo cardiovascular, espirómetro, electrocardiografía y pruebas bioquímicas como la biometría hemática y la química sanguínea que son pertinentes hacer al astronauta para vigilar niveles basales del estado orgánico y así controlar cualquier alteración que pudiera surgir previo a la misión.

El Dr. José Antonio Madan es parte del equipo médico que acredita la valoración médica de la Sociedad Española de Medicina Aero-espacial, dentro de su exploración física para conocer el estado de salud del astronauta, valora corazón, ojos, audición, capacidad pulmonar, aparato locomotor, agudeza visual, distinción de colores y enfoque, para no poner en riesgo la misión del vuelo. Se examina talla, peso, actividad cardiaca mediante un electrocardiograma, concentración de oxígeno en sangre, tensión arterial, espirómetro <sup>43</sup>.

En el sistema locomotor se valora que no se tenga alguna limitación de articulaciones, el equilibrio se valora mediante exploración de otorrinolaringología y con el sistema nervioso central. En la audiometría se valoran ambos oídos con decibelios para determinar la agudeza auditiva <sup>43,44</sup>.

La agudeza visual se valora la visión lejana, cercana e intermedia, la capacidad de distinción de colores para diagnosticar algún tipo de daltonismo, se valora la posición de los ojos para determinar que no exista algún tipo de esotropía, exotropía, hipertropía o hipotropía, el enfoque y visión estereoscópica que es la capacidad de ver en 3D.

Para pruebas de laboratorio se pretende identificar si existe algún tipo de anemia, la cantidad de glucosa, análisis de opiáceos o alguna otra droga<sup>43</sup>.

Dentro del plan de estudios que tiene la Facultad de Estudios Superiores Iztacala se cuenta con un módulo dedicado al análisis y toma de muestras de laboratorio llamado "Métodos de diagnóstico de uso más frecuente en la valoración de la persona". Dicho modulo permite al estudiante conocer, analizar, y ejecutar la técnica de la toma de muestras pertinentes a

cada individuo. La relación de dicho modulo con la enfermería espacial es la adecuada toma y lectura de muestras que requiere el astronauta previo al vuelo.

Para que el enfermero incorpore los conocimientos de análisis de datos bioquímicos, primero debe conocer que es lo que va a analizar, de acuerdo con un informe de la NASA, las pruebas protocolarias de rutina para la aceptación, monitorización del astronauta son:

- Exámenes sanguíneos

Aquí se incluyen biometría hemática y química sanguínea, buscando datos normales acorde a la persona: hemoglobina, hematocrito, recuento de glóbulos rojos, índices de glóbulos rojos, recuento de glóbulos blancos, recuento diferencial, recuento de plaquetas. Buscando datos anormales que podrían orillar al enfermero a pensar en algún tipo de anemia, en caso de encontrar algún indicativo de anemia se pedirán más exámenes complementarios como la cinética de hierro. Uno de los principales problemas de los astronautas ya en espacio exterior es que sufren anemia selectiva, aunado a esto, la falta de concentración de oxígeno incrementa un riesgo en cuanto a oxigenación y ventilación-perfusión, por tanto, es un riesgo no hacer detecciones ni pruebas previas a su misión ya que los problemas anémicos o en cuanto a una adecuada ventilación podría llevar al astronauta a deteriorar su salud durante toda la misión y comprometer su vida o la de su equipo.

Lo que podría ocurrir si el astronauta va al espacio con anemia es hipoxemia, agregado a esto, el riesgo de presentar deterioro celular es elevado, ya que podría pasar del ciclo de Krebs al ciclo de cori y por tanto aumentar los cambios en ph y llegar a una acidosis metabólica compensada por los pulmones y su adaptación al espacio, pero con el paso del tiempo podría aumentar y tener un estado de acidosis metabólica grave, cambios de electrolitos podrían influir en el deterioro y llevar al astronauta a repercusiones sistémicas.

Con la química sanguínea se puede dar una perspectiva del filtrado glomerular al observar la creatinina y la urea en combinación con más estudios como la hemoglobina glucosilada<sup>45</sup>.

- **Función hepática**

Aquí se incluyen las transaminasas hepáticas: AST, ALT, GGT, bilirrubina, ALP, LDH. Estas le permitirán al enfermero tras su análisis orientarlo a pensar en caso de que se encuentren alteradas, en algún tipo de lipotoxicidad, o algunas patologías como pudieran ser cirrosis hepática por consumo de alcohol, la presencia de virus, colestasis, rabiomolisis, hemólisis, o en conjunto con más estudios y exploración física pudiera existir la presencia de cáncer.

- **Electrolitos séricos**

Aquí se incluyen los análisis de los electrolitos, con el fin de visualizar de forma basal la situación en la que se encuentran las astronautas, previas las misiones en exterior. Cabe mencionar que los astronautas también son propensos a sufrir algún trastorno hidroelectrolítico debido a la preparación física a la que son sometidos ya que entrenan de forma intensa como deportistas de alto rendimiento, de lo cual se hablara más adelante.

Los electrolitos le permiten al enfermero tener un criterio clínico al respecto de cualquier cambio presentado en el paciente astronauta, los valores considerados normales de acuerdo con el libro de *“enfermería de urgencias”* de Sheehy, son los mostrados en la tabla 1. El sodio y potasio en el astronauta, por la preparación física son los electrolitos que se deberán mantener mayormente vigilados <sup>46</sup>.

Tabla 1. Valores de uso clínico para el control del paciente.

Electrolito	Parámetro medio	Valor en suero
<b>Sodio Na+</b>	136-145mEq/l	136-145 mmol/l
<b>Potasio K+</b>	3.5-5mEq/l	3.5-5 mmol/l
<b>Cloruro Cl-</b>	98-106mEq/l	98-106 mmol/l
<b>Calcio total Ca2+</b>	8.4-10.5mg/dl	2.1-2.6mmol/l
<b>Magnesio Mg2+</b>	1.5-2.5mEq/l	0.75-1.25mmol/l
<b>Fosfato</b>	2.7-4.5mg/dl	0.87-1.45mmol/l

Fuente: Sweet, Vicki, MSN, RN, CEN, FAEN; Foley, Andi, DNP, RN, ACCNS-AG, CEN, TCRN

© 2021 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Para una persona cuya preparación demanda un estado físico parecido al de un atleta de alto rendimiento, es imprescindible como personal de enfermería saber abordar las alteraciones hidroelectrolíticas que podrían aparecer más frecuentes que serían las hiponatremias/hipernatremias e hiperpotasemia/hipopotasemia.

Para entender el papel de enfermería en la atención de las alteraciones hidroelectrolíticas se deben comprender las maneras de abordarlas: para las hiponatremias será importante entender qué significa el bajo sodio en sangre, esto se puede traducir a variaciones en volumen y en sodio, si bien este electrolito en sangre debe estar en rangos de 136-145 mEq/l, la hiponatremia se traduce a valores por debajo de 136 mEq/l, de manera que la osmolaridad deberá cambiar (rangos de osmolaridad plasmática  $300 \pm 10$ ) y al existir cambios en la osmolaridad se traducen tres grandes posibilidades: <sup>47</sup>

1. Hiponatremia hipo-osmolar (<280): este tipo de hiponatremia pueden ser agudas, esto quiere decir que la persona tiene más agua que sodio.
2. Hiponatremia iso-osmolar (280-295): que se puede referir a un error de laboratorio al procesar la muestra, sueros lipémicos o el suero procesado tenga muchas proteínas.
3. Hiponatremia hiper-osmolar (>295): aquí existen más osmoles disueltos y hace que el sodio se desplace a otros lugares, por ejemplo, pacientes con hiperglucemia <sup>48</sup>.

También las hiponatremias se clasifican por gravedad:

- **Leve:** 130 y 135mmol/L, medida por electrodo específico de iones.
- **Moderada:** 125 y 129mmol/L, medida por electrodo específico de iones.
- **Grave:** <125mmol/L, medida por electrodo específico de iones <sup>48</sup>.

De igual manera podemos clasificarlas por su forma de presentación acorde al contexto del paciente, en las que se puede traducir en:

- ✓ **Agudas:** hiponatremia documentada de <48 h de duración.
- ✓ **Crónicas:** hiponatremia documentada durante al menos 48 h <sup>47</sup>.

Los signos y síntomas van a variar dependiendo el contexto en que se presente el paciente, de acuerdo con guías de nefrología se pueden clasificar los síntomas de los pacientes por la presentación crónica o aguda como se muestra en la tabla no. 2:

**Tabla 2. Clasificación de los síntomas por la gravedad de la hiponatremia <sup>47</sup>**

Gravedad	Síntomas
<b>Moderadamente grave</b>	Nauseas sin vomitos
	Confusion
	Dolor
<b>Graves</b>	Vomito
	Distres cardiorrespiratorio
	Somnolencia anormal y profunda
	Convulsiones
	Coma (glasgow $\leq 8$ )

Fuente: Guía de práctica clínica sobre el diagnóstico y tratamiento de la hiponatremia por Goce Spasovski y colaboradores, 2017 vol. 37. No. 4. 2017.

- Función tiroidea

El hiper e hipotiroidismo son problemas de salud que pueden generar variaciones metabólicas en los que el astronauta, por el sistema neurotransmisor de la vigilia, podría ser estimulado por las hormonas como la TSH, TRH y la ACTH, lo que lo condiciona no solo a la alteración de la vigilia, sino también a su pérdida de peso, su descontrol térmico y sus modificaciones en el sistema cardiovascular.

**Tabla 3. Exámenes bioquímicos en el perfil del astronauta<sup>28</sup>**

Exámenes	Cambios	Los condiciona a:
<b>Biometría hemática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del volumen plasmático de entre 15 y 20% en las primeras horas del viaje espacial</li> <li>• Disminución del conteo eritrocitario y una hemólisis selectiva de neocitos</li> <li>• Disminución de hemoglobina y hematocrito</li> </ul>	Cuadro anémico y puede expresar signos como astenia, ictericia, orina marrón, disnea, palidez y malestar general.
<b>Química sanguínea</b>	Electrolitos, principalmente Na y K	La deshidratación por desequilibrio hidroelectrolítico es notoria en los astronautas, esto más la pérdida de peso produce que la función hepática inicie la transformación de glucógeno y mayor pérdida hídrica (donde va la glucosa, va el agua, por tanto mayor pérdida de electrolitos). Esto transmite la señal de impulso a la hormona antidiurética para conservar el agua corporal entonces la aldosterona por reacción aumentará el volumen de líquido corporal y las cifras de tensión arterial aumentan.
	AMP (AMPK), ERK1 / 2, LC3-II e histona desacetilasa 4 (HDAC4) aumento de los marcadores séricos creatina quinasa (CK) y troponina (Tnc)	Autofagia y apoptosis de los miocardiocitos por la atrofia que existe en el corazón y su remodelación anatómica.

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO V. PROPUESTA DE EXPLORACIÓN DE LA PERSONA ASTRONAUTA

### VALORACIÓN POR APARATOS Y SISTEMAS PREVIO AL VUELO

Dentro de las bibliografías consultadas, no se encontró una exploración física que se realice a la persona astronauta, de igual forma, no se encontró una bibliografía de una adecuada exploración física por parte del personal de enfermería.

La exploración física se puede dividir por: aparatos y sistemas, céfalo-caudal, focalizada.

Para darle una primera integración a la disciplina, la exploración física deberá incluir una anamnesis bien detallada, para posterior darle más énfasis a la exploración física de manera focalizada, pero, asociándola con los aparatos y sistemas que puedan afectar dicho sistema o aparato.

De primera instancia sería conocer el motivo de consulta, en este caso, sería el paciente astronauta que se realizara pruebas previas a sus misiones espaciales. Es necesario conocer sus antecedentes heredofamiliares (la parte genética forma parte crucial para el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas como HTA, DM2, enfermedades cardiovasculares), sus antecedentes personales y sociales (zona geográfica donde creció, ya que hay entidades patológicas acorde a la zona geográfica donde se desarrolla el individuo dejándolo expuesto a diversos riesgos a su salud, ya sea en zona urbana, rural, en un país de primer mundo o en vías de desarrollo), antecedentes médicos (se incluyen alergias, hospitalizaciones, intervenciones quirúrgicas, vacunas, enfermedades como tuberculosis, varicela, fiebre tifoidea, entre otras).

#### Sistema cardiovascular y circulatorio

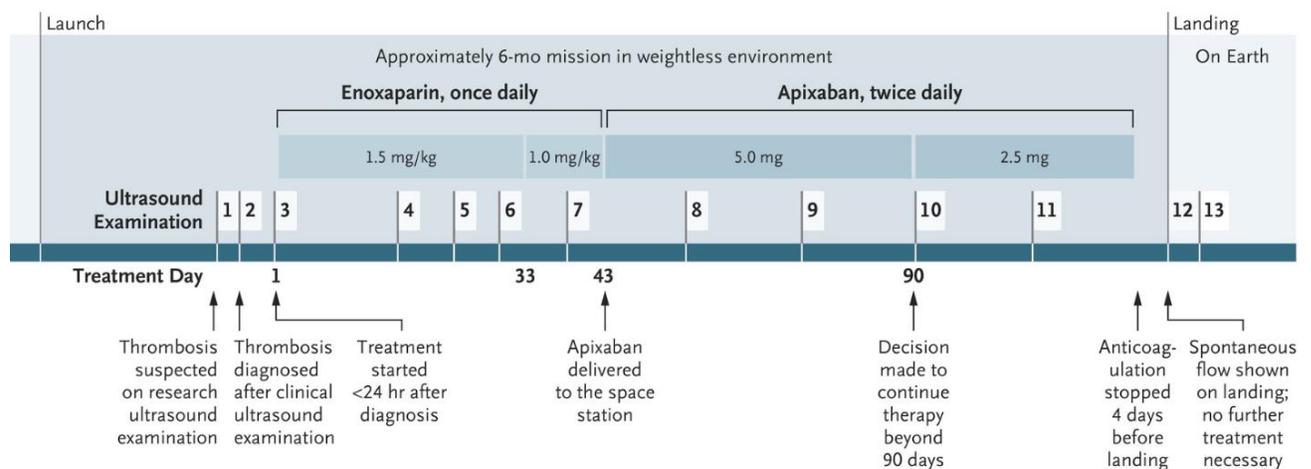
El sistema cardiovascular es uno de los que más cambios tienen durante las misiones espaciales en micro gravedad.

Saber realizar una adecuada valoración por parte del personal de enfermería en conjunto con el personal médico se lograra detectar (si fuera el caso), anomalías que tuvieran que

ser revisadas a profundidad, ya que hay estudios como lo son las investigaciones de *Spaceflight Standard Measures* por parte de la nasa, una de las pruebas dentro de este proyecto es la medición de vena y arteria carotidea, ya que sus investigaciones encontraron que ciertos factores de los vuelos espaciales pueden acelerar el desarrollo de la aterosclerosis, por tanto la valoración proporciona a los científicos diagnosticar el desarrollo de aterosclerosis en las arterias carótidas, que pueden bloquear el flujo sanguíneo y provocar un ataque al corazón o un derrame cerebral <sup>36</sup>.

De igual manera un artículo publicado por la revista *The New England Journal of Medicine* informo de una trombosis obstructiva de la vena yugular interna izquierda en un astronauta durante un examen de ultrasonido que se realizó como parte de un estudio de investigación vascular <sup>49</sup>.

**Imagen1. Cronología del diagnóstico y tratamiento de la trombosis venosa.**



Fuente: New England Journal of Medicine 2020.

Dicho diagnóstico fue confirmado y posterior a ello empezó tratamiento con anticoagulantes que se tenían a bordo de la estación espacial (enoxaparina). He aquí la importancia de una adecuada valoración por parte del equipo médico.

El enfermero a cargo deberá estar preparado para abordar una exploración lo suficientemente eficiente para descartar cualquier anomalía o riesgo que pudiera

presentarse en la misión o en su salud del astronauta, por lo tanto la evaluación deberá incluir:

- Pericardio
- Arterias coronarias
- Corazón como bomba causas intrínsecas (inotropismo/cronotropismo)
- Componente electromecánico
- Válvulas
- Auscultación
- Presión arterial

La medición de presión arterial para monitorización cardíaca también es de vital importancia, nos indica el compromiso sistémico que pudiera tener la persona (presión sistólica) o su compromiso coronario (presión diastólica).

El valorar la presión arterial sistólica y diastólica pueden aportar información valiosa de cómo se pudiera comportar el sistema cardiovascular previo a misiones en espacio exterior y del mismo modo puede aportar información del comportamiento arriba en la misión en micro gravedad.

De acuerdo con un artículo de medicina de la facultad de medicina humana "medicina humana espacial: performance fisiológico y contramedidas para mejorar la salud del astronauta", los astronautas experimentan sensación de plenitud cefálica, congestión nasal, edema de cuerdas vocales y faciales. De igual forma, datos clínicos han demostrado cambios hemodinámicos con variables de acuerdo al tiempo de vuelo y posición del cuerpo; durante las primeras 24 a 72 horas, en este tiempo se genera un aumento del gasto cardíaco (GC), volumen sistólico (VS), dimensiones de las cavidades cardíacas y disminución de la presión venosa central (PVC). También puede existir que la frecuencia cardíaca (FC), presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) y la presión arterial media (PAM) disminuyan o permanezcan sin cambios en periodos prolongados de vuelo.

El mismo artículo menciona que en las adaptaciones en un tiempo mayor a 12 días ocurre una remodelación del miocardio, el ventrículo izquierdo y su espesor de la masa miocárdica disminuye en 11%. De igual forma, menciona que durante las fases tardías, en una misión

espacial con duración aproximada superior a 6 meses, el corazón disminuye su tamaño y volumen en 15 a 20% lo que podría resumirse en atrofia.

Esto a su vez se ve reflejado en cambios anatómo-fisiológicos como es el cambio del corazón de su ápex a un corazón más redondo, parecido al de una mujer embarazada.

También el artículo menciona que en la electrocardiografía (ECG) se suelen presentar alteraciones electrofisiológicas inducidas por cambios moleculares y celulares que originan canalopatías, de igual forma, la presencia de extrasístoles ventriculares aisladas, arritmias malignas, riesgo de inestabilidad en la re-polarización, contracción auricular prematura, incremento del complejo QRS y del intervalo PR e inclusive muerte cardíaca súbita, esto debido a los cambios electrolíticos de la bomba sodio potasio <sup>21</sup>.

En otro artículo sobre *posibles efectos de la radiación del espacio profundo en el endotelio vascular* publicado en 2016, se obtuvieron de resultados que la exposición a la radiación en tiempo induce una disfunción sostenida de las células endoteliales vasculares y dicho deterioro conduce a la enfermedad arterial oclusiva y puede ser un factor de riesgo importante para las enfermedades cardiovasculares entre los astronautas expuestos a la radiación del espacio profundo <sup>50</sup>.

Actualmente enfermería tiene la capacidad de valorar y explorar el corazón y sus redes vasculares a través de:

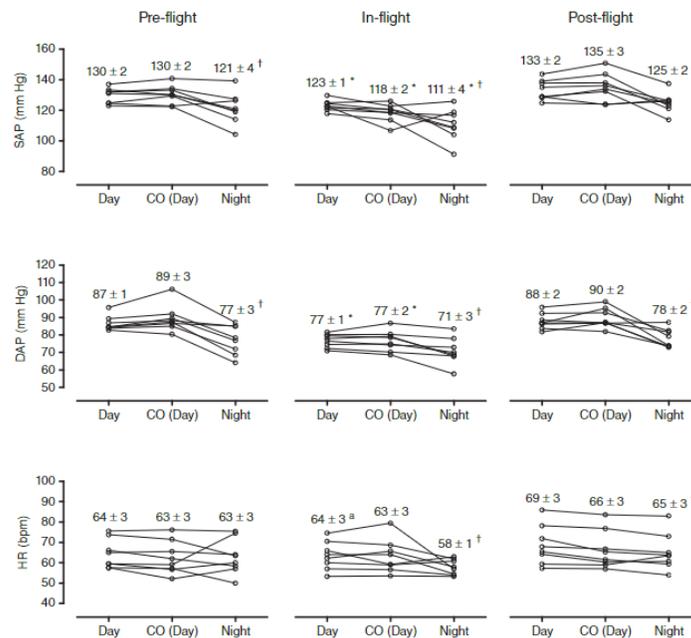
- Electrocardiograma
- Ecocardiograma
- Radiografías de tórax
- Monitorización hemodinámica no invasiva

El sistema circulatorio forma parte de manera muy conectada con el sistema cardiovascular, recordando la circulación mayor podemos entender que existen venas y arterias que distribuyen la sangre en todo nuestro cuerpo.

Cuando la persona astronauta está en la tierra, fisiológicamente se encuentra adaptado a la gravedad de nuestro planeta, sin embargo, en micro gravedad las cosas cambian, los

cambios varían en relación con la gravedad, ya que existen investigaciones acerca de “cambios de fluidos, vasodilatación y reducción de la presión arterial ambulatoria durante vuelos espaciales de larga duración”, donde existe una adaptación de líquidos de la parte del tronco inferior hacia la parte del tronco superior, donde hay un aumento del volumen sanguíneo del tórax, y disminución del volumen sanguíneo en las extremidades inferiores, de igual forma existe un aumento del volumen sistólico, lo que se traduce en aumento del gasto cardiaco <sup>51</sup>.

Imagen 2. Cambios y variaciones en la presión arterial sistólica, diastólica y frecuencia cardiaca



Fuente: Norsk P, Asmar A, Damgaard M, Christensen NJ. Fluid shifts, vasodilatation and ambulatory blood pressure reduction during long duration spaceflight. J Physiol. 2015 Feb 1;593(3):573-84. doi: 10.1113/jphysiol.2014.284869. PMID: 25774397; PMCID: PMC4324706.

En el libro de “enfermería espacial”, sus autores traducen la adaptación circulatoria con signos y síntomas que se caracterizan por congestión cefálica bajo forma de edema facial, denominado “rostro de Luna llena”, congestión y engrosamiento de párpados, venas yugulares y de la sien, vasos del cuero cabelludo y la frente.

### Imagen 3. Astronautas con el rostro de luna llena



Fuente: libro “enfermería espacial” Alejandro Bravo Valdez, Rodrigo Gómez Ayala, Miguel Marcos Puente Durán enfermería espacial. [Internet]. México C.D.M.X. Agencia Espacial Mexicana, 2018. Consultado [24 septiembre 2023]. Disponible en: <https://web.eneo.unam.mx/>

#### Sistema neurológico

De acuerdo con la guía Seidel de exploración física 9ª edición, se puede evaluar el estado mental de 4 maneras que son: el aspecto y comportamiento, estabilidad emocional, capacidades cognitivas y habla y lenguaje.

Funciones cerebrales ejecutivas del estado mental:

- Motoras, sensitivas, lenguaje y visuales
- Capacidades cognitivas: nivel de conciencia, memoria, capacidad de concentración y discernimiento.
- Habla y lenguaje: calidad de la voz, articulación de palabras, comprensión, coherencia y capacidad de comunicación.
- Aspecto y comportamiento: vestimenta y apariencia, estado emocional, lenguaje corporal

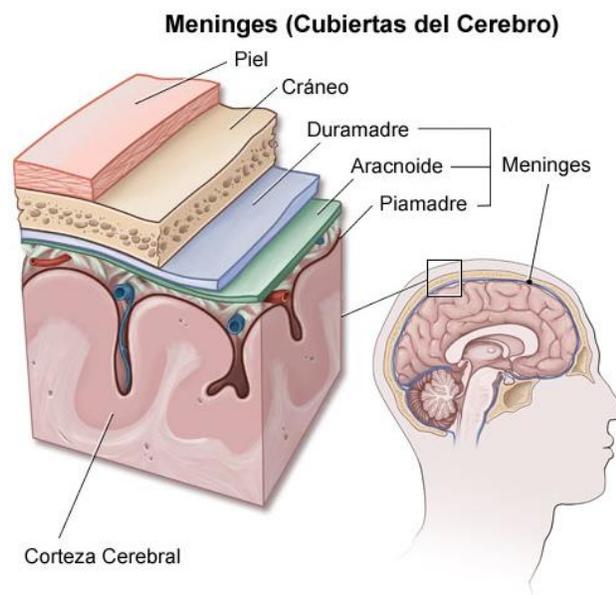
Parte de las alteraciones que tiene el astronauta es el incremento de fluidos en la parte del encéfalo, por gravedad los líquidos sanguíneos y cefalorraquídeos viajan como tuberías por gravedad, pero en el espacio estos líquidos se comportan diferentes, los líquidos pasan en mayor cantidad y concentración a la parte torácica y cefálica. Ocasionando así el edema cerebral que se ve en los astronautas.

Importante es para el enfermero entender de anatomía y fisiología neurológica para comprender algunos de los padecimientos relacionados con las afecciones en el espacio.

Anatomía de la cabeza; la diferente capa de la piel cabelluda se diferencia por la profundidad del tejido, así es cómo podemos dividir las capas en:

- Piel (epidermis, dermis, hipodermis)
- Tejido conectivo ( vascularizado e innervado por nervios cutáneos)
- Aponeurosis epicraneal (lamina tendinosa)
- Tejido areolar laxo ( es de aspecto esponjoso y puede distenderse por líquidos)
- Pericráneo (tejido conectivo que forma el periostio)

**Imagen 4. Estructura anatómica de la cabeza**



Fuente: Stanford children of medicine. s/f. [internet]. [consultado octubre 2023]. Disponible en:

<https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=meningitis-85-P03882>

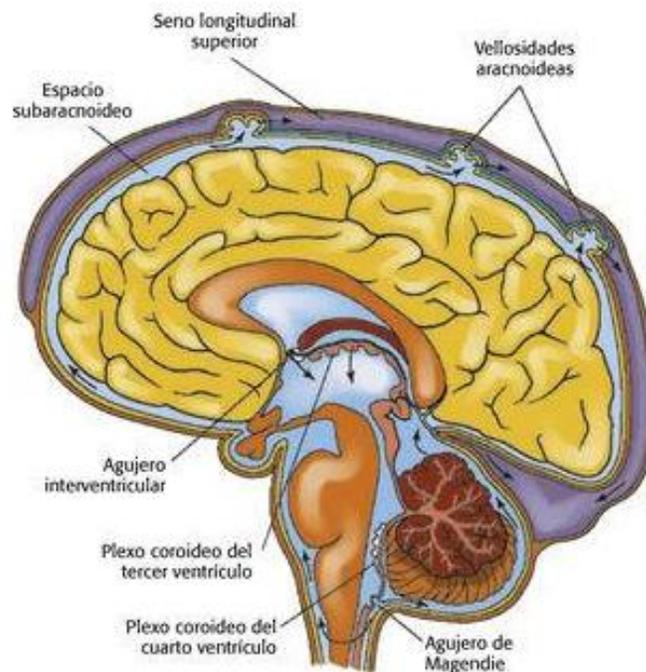
Si vamos más profundo encontramos las meninges:

- Duramadre
  - Aracnoides
  - Piamadre
- } espacio subaracnoideo lleno de líquido cerebro espinal

El líquido cerebro espinal contiene nutrientes y se forma en los plexos coroideos de los ventrículos del encéfalo y posteriormente sigue su recorrido al espacio subaracnoideo, esto es entre la aracnoides y la piamadre, así es como se nutre al encéfalo, continua su trayecto por la medula oblongada hasta lo largo de la medula espinal.

### Imagen 5. Movilización del líquido cerebro espinal

### Flujo normal del líquido cefalorraquídeo



Fuente: Reconocer la hidrocefalia normotensiva en el adulto. Vol.35. Núm. 3. Mayo-Junio 2018. [Consultado 02 de Octubre 2023].

Disponible en: [10.1016/j.nursi.2018.05.008](https://doi.org/10.1016/j.nursi.2018.05.008)

Al entender la anatomo-fisiología del cráneo y el recorrido del líquido cerebroespinal se puede entender las modificaciones que tiene el astronauta. Empezando por la dinámica de fluidos que cambia por la gravedad, esto es, en la tierra por gravedad el líquido cerebroespinal se mantiene en un balance adecuado para que la persona pueda llevar a cabo sus actividades “normales”, en ciertas patologías el aumento de líquido cefalorraquídeo provoca hidrocefalia.

La hidrocefalia normotensiva tiene datos clínicos parecidos a los que presenta el astronauta, que van desde deterioro cognitivo e incontinencia urinaria pero de manera compensatoria.

El deterioro cognitivo puede manifestarse como un cambio sutil o brusco en la actividad mental. Los pacientes tienen problemas para mantener la atención y recordar información. También son lentos cuando deben responder en una conversación, y la incontinencia sola no constituye motivo de diagnóstico de HNT porque a menudo no se observa durante las primeras etapas de la enfermedad <sup>52</sup>.

Se puede suponer que por el aumento de presión intracraneal por parte de fluidos sanguíneos y del líquido cefalorraquídeo los hemisferios empiecen a ver alteraciones neurológicas, donde el lóbulo temporal se vea alterado estrechamente por el aumento de presión, lo que ocasiona modificaciones en el hipocampo con el inadecuado procesamiento de memoria y atención, de igual forma el lóbulo temporal tiene relación con algunos pares craneales, por esa misma razón se ven alteradas la visión, el sentido del gusto e inclusive el olfato, Tim Peake menciona que algunos astronautas inclusive llegan a tener mayor apetito o inclusive otros llegan a perderlo, pero se puede suponer que el deterioro neurológico que se ve en los astronautas sea por el aumento de presión en el encéfalo <sup>(53,44)</sup>.

También se debe incluir la exploración de los pares craneales, existen 12 pares craneales, de los cuales la exploración resulta muy importante para evaluar el estado del sistema nervioso periférico del paciente astronauta para poder realizar las tareas a las que serán encomendados en el espacio.

La escala de Glasgow le permite al personal de enfermería evaluar el estado mental de la persona astronauta previo a su vuelo.

Una exploración neurológica debe incluir una linterna de exploración, objetos conocidos, agujas estériles, torundas de algodón, abate lengua, martillo de reflejos.

Es importante mantener una exploración neurológica adecuada para cada astronauta, debido a que es la forma en la que va a interactuar con el espacio. Esta interacción hará que la disciplina siga aprendiendo, que siga guiando a las demás generaciones de astronautas a ser mejores, y a generar mayores investigaciones. Las interacciones del entorno para una persona siempre son importantes, pero para un humano que ira a misiones en espacio deberá ser aún más importantes, es lo que lo mantendrá con vida. Se plantea que para la exploración de los pacientes astronautas se explore y se valore respondiendo las preguntas de ¿Qué evaluar?, ¿Por qué? y ¿Cómo?, para ello Jinich y sus colaboradores en su libro de “Síntomas y signos cardinales de las enfermedades”<sup>54</sup> proponen una exploración/inspección general, así la exploración se vuelve más simple al enfermero que valora de manera simple y concisa las características durante una exploración y anamnesis.

**Tabla 4. Sugerencia y razón de evaluación neurológica aplicada a enfermería.**

EVALUACIÓN NEUROLÓGICA	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dolor de cabeza</b></li> <li>• <b>Dolor buco facial</b></li> <li>• <b>Diplopía</b></li> <li>• <b>Ataques convulsivos</b></li> <li>• <b>Tetania</b></li> <li>• <b>Alteraciones del sueño</b></li> <li>• <b>Delirio/estado de confusión</b></li> <li>• <b>Memoria y demencia</b></li> </ul>	<p>La exposición a la micro gravedad ocasiona cambios y déficits funcionales neurológicos como: debilidad neuromuscular, ataxia, desequilibrio, descoordinación, disfunción cognitiva, alteración en la motricidad, cambios psicológicos, problemas psiquiátricos, ilusión perceptual y aumento de la presión intracraneal (PIC)<sup>21</sup></p> <p>Estos cambios de adaptación deberían de reducirse en las primeras dos semanas de la misión.</p> <p>Los trastornos de perfusión cerebral son ocasionados debido a la presencia de válvulas unidireccionales venosas en la cabeza, cuello y tórax, requiriendo asistencia gravitacional para drenar la sangre, pues viaja en sentido contrario al flujo sanguíneo. Esto genera un aumento de la PIC (presión intracraneal) y un ligero aumento sobre los senos venosos y durables como repercusión de la estasis sanguínea. La elevación de la presión del líquido cerebroespinal es también consecuencia del bloqueo a la absorción a través de la aracnoides, resultando en un edema epicraneal<sup>40</sup>.</p>	<p>Enfermería ocupa una vasta cantidad de escalas y formas de evaluación en su quehacer del día a día. Las sugeridas deberán ser</p> <p>Escala de Glasgow</p> <p>Escala de Daniel</p> <p>Escala Fisher</p> <p>Valoración de 12 pares craneales</p> <p>Escala Pfeifer</p> <p>Test reloj de shulman</p>

Fuente: elaboración propia

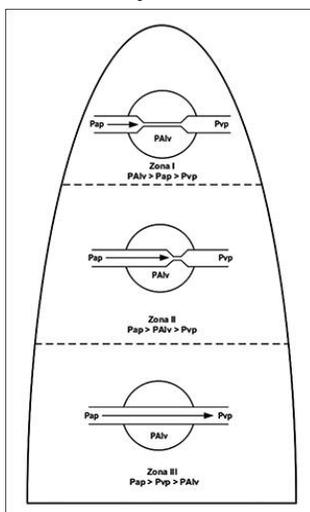
## Sistema respiratorio

El aparato respiratorio está diseñado para realizar importantes funciones como, ventilar la vía aérea desde la atmósfera hasta los alvéolos, permitir el intercambio gaseoso y transporte de gases hacia y desde los tejidos a través del sistema vascular <sup>55</sup>. De la misma manera, participa en la regulación del pH y protección de agentes patógenos principalmente; cuando la persona astronauta va al espacio, estas funciones que realiza el sistema respiratorio tienen ciertas modificaciones.

El personal de enfermería deberá ser capaz de realizar una valoración pulmonar adecuada para lograr mantener las capacidades del sistema respiratorio lo más saludables posibles previo al envío de la misión, y comprender los cambios que se llevarán a cabo fisiológicamente en la adaptación espacial del astronauta ya que este se expone a cambios de altitud y presión atmosférica, traduciéndose en hipoxia, con reducción de presión atmosférica y/o alguna falla en el uso del equipo de la aeronave.

De acuerdo con el artículo previamente mencionado de “medicina humana espacial”, La exposición a la micro gravedad anula el efecto Slinky y la ventilación / perfusión (V/Q) es igual en todas las zonas de West, por lo tanto, el flujo sanguíneo es homogéneo en las zonas 1, 2 y 3 del pulmón <sup>21</sup>.

**Imagen 6. Zonas pulmonares de West**



Fuente: Castillo Moya Andrés, Del Pozo Bascañán Paulina. Interacciones cardiopulmonares: de la fisiología a la clínica. Rdo. Chile pediatra [Internet]. Octubre de 2018 [consultado el 24 de septiembre del 2023]; 89(5): 582-591. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062018000500582&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062018000500582&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-410620180005000905>.

Asimismo, el artículo evidencia que la ingravidez en los primeros 17 días de vuelo causó un ligero incremento en la frecuencia respiratoria (FR) y los volúmenes pulmonares. Por tanto, se ven reducidos los valores de la capacidad vital, volumen tidal, capacidad vital forzada a igual que la capacidad residual funcional y el volumen residual <sup>21</sup>.

**Tabla 5. Variaciones en el sistema respiratorio en micro gravedad**

INCREMENTO	DISMINUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia respiratoria</li> <li>• Volúmenes pulmonares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• capacidad vital 5-10%</li> <li>• volumen tidal 15%</li> <li>• capacidad vital forzada 3-5%</li> <li>• capacidad residual funcional 15%</li> <li>• volumen residual 18%</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En el libro de medicina espacial publicado en 2016, señala que el principal cambio fue en la ventilación alveolar que se redujo ligeramente y la PCO<sub>2</sub> al final de la espiración aumento en 2mmHg. De acuerdo con el libro se demostró este aumento de 2mmHg, pero, todavía se desconoce si este efecto es secundario al incremento de los niveles de dióxido de carbono de la cabina o un cambio en el control de la ventilación <sup>11</sup>.

### Sistema musculo-esquelético

El sistema musculo-esquelético está constituido por órganos y huesos, unidos por articulaciones en conjunto con los músculos proporcionan sostén, protección y movilidad al cuerpo humano, con características adaptadas a las funciones que desempeña el movimiento <sup>56</sup>.

El sistema esquelético se puede dividir en axial y hexaxial y, a su vez, los huesos se pueden clasificar en huesos largos, huesos cortos, huesos planos, huesos irregulares. El sistema articular se puede dividir acorde en su función que son sin movimiento, poco movimiento, muy móviles y de igual forma se pueden dividir según su estructura de tipo fibrosa, cartilaginosa, sinoviales <sup>56</sup>.

La importancia de comprender la estructuración de este sistema permite abordar las adaptaciones en micro gravedad de mejor manera, ya que tanto músculo, huesos y articulaciones están conjuntamente relacionados entre ellos.

En micro gravedad, los músculos desarrollan una adaptación negativa al ambiente y, paralelamente, la fuerza muscular disminuye de un 20 a 40% en las primeras semanas de su permanencia en el espacio <sup>21</sup>. Posteriormente el deterioro se ve más evidente, la “no carga” mecánica generada sobre los músculos ocasiona cambios en la composición de relación de las proteínas actina/miosina e incluso la disminución de otras proteínas musculares como la titina y nebulina <sup>21</sup>.

Estas proteínas están fuertemente vinculadas con la capacidad de formar filamentos y energía, la actina forma filamentos y la miosina transforma energía química en mecánica, generando fuerza y energía <sup>57</sup>. Por lo que ambas están relacionadas con la creación de fibras musculares y el uso de los mismos. En el espacio por falta de gravedad y de uso de músculos como la cadera, espalda, cuádriceps, gastrocnemio y los músculos del cuello, esta reducción por falta de uso, conlleva una atrofia en dichos músculos que son importantes para la movilidad y el equilibrio <sup>21</sup>.

En cuanto a las alteraciones óseas, la micro gravedad induce una disminución en la densidad ósea, en un artículo de revisión de la revista de la facultad de medicina de la UNAM, señala diversos puntos a considerar en este sistema, uno de ellos es el factor de tensión que se encuentra ausente en micro gravedad, lo que supone una disminución en fuerza por parte del hueso y musculo, algunos de otros factores son la disminución en niveles de iluminación por los rayos UV, lo que resulta una disminución de vitamina D encargada de una de las muchas funciones que tiene es la absorción del calcio y por consiguiente enfermedades como osteoporosis se hace presente en pacientes astronautas y no solo eso, la vitamina D también se necesita para los músculos ya que se necesita para sintetizar moléculas y proteínas encargadas del movimiento y los nervios la necesitan para transmitir impulsos y estímulos neuronales, de igual forma, la vitamina D previene la síntesis de amiloide y disminuye el deterioro cognitivo <sup>58,59,60</sup>.

En los primeros días de la misión se produce un aumento de 60 y 70 % del calcio urinario y fecal, esto incrementa conforme se desarrolla la misión, esto refleja una disminución en la densidad ósea en rangos de 1-2% en huesos que soportan peso (vértebras lumbares, pelvis, cuello femoral, trocánter, tibia y calcáneo). Posterior a 6 meses de estancia en estación espacial la pérdida de densidad ósea es de aproximadamente 8-12%. Conforme se pierde densidad del hueso trabecular, los osteoblastos se vuelven incapaces de reconstruir la arquitectura ósea en su regreso a la tierra, por lo que la recuperación aquí en la tierra se torna larga y difícil <sup>58</sup>.

Enfermería torna de suma importancia en este sentido, ya que la recuperación y rehabilitación ortopédica y fisioterapia al astronauta resultara indispensable, las especialidades de enfermería en rehabilitación y fisioterapia podrían encontrar una ventana enorme de oportunidad para crear investigación y nuevos cuidados conforme se vaya avanzando en el tema espacial, por ahora, el paciente astronauta en su regreso debería ser tratado como paciente con sospecha de osteoporosis hasta realizarle sus estudios pertinentes para valorar esa pérdida en la densidad ósea y poder actuar a sus necesidades individuales.

### Sistema digestivo

Dentro de las bibliografías consultadas, el sistema digestivo es un sistema del que poco se habla, sin embargo, el artículo de "medicina humana espacial: performance fisiológico y contramedidas para mejorar la salud del astronauta" de la Facultad de Medicina Humana menciona algunos síntomas digestivos del astronauta asociados con el vuelo: náuseas y vómitos <sup>21</sup>.

También se refiere que existe una disminución por parte de la protección gástrica conocida como mono y polisacáridos; asimismo existe un incremento de la secreción de pepsinógeno y del ácido clorhídrico <sup>21</sup>.

Del mismo modo, menciona que existen alteraciones en la motilidad intestinal, micro biota, metabolismo de la glucosa y lípidos, otra alteración existente es el daño de las vellosidades

intestinales, alterando así su funciones defensivas, de homeostasis y el riesgo persistente de contraer alguna enfermedad inflamatoria intestinal por aumento de citosinas y disminución de inmunoglobulina secretora (IgA) <sup>21</sup>.

Por tanto, es imprescindible pensar que el enfermero o enfermera a cargo de la valoración del astronauta incluya en sus preguntas si tiene antecedentes de alguna enfermedad inflamatoria intestinal, como enfermedad de Crohn, cáncer de colon, intestino irritable, úlceras gástricas o gastroesofágicas y no olvidar también verificar mediante la exploración física con palpación, percusión y auscultación abdominal verificando la peristalsis intestinal.

Los estudios de imagen también resultan de vital importancia, una colonoscopia podrá dar un panorama más adecuado para tomar decisiones pertinentes previas a su misión en exterior.

#### Sistema renal

En la adaptación espacial, el sistema renal contribuye mucho en el control de líquidos y electrolitos. Sin embargo, muchas bibliografías tampoco incluyen al sistema renal, por ello, el artículo de Rivera llamado "Medicina humana espacial: performance fisiológico y contramedidas para mejorar la salud del astronauta", se mencionan datos relevantes en las cualidades tenso activas, el contenido de fosfolípidos aumenta provocando una estasis urinaria, lo que lleva a deshidratación prolongada, esto en conjunto con el remodelamiento óseo, genera un balance negativo de calcio ocasionándose precipitación de fracciones de oxalato de calcio, lo que ocasiona litos renales durante y después del viaje espacial <sup>21</sup>. La retención aguda de orina, infecciones de vías urinarias y principalmente los cálculos renales (litiasis) están incluidos en el 10% de todas las afecciones genitourinarias <sup>21</sup> debido a la estasis urinaria.

De acuerdo con el artículo mencionado previamente, la mejor forma de evitar cálculos renales es agregar citrato de potasio y pirofosfato a la dieta del astronauta, y para mantener una adecuada hidratación se debe mantener el nivel urinario entre 2.5-3 litros/día <sup>21</sup>. Por

estas razones es importante que el enfermero o enfermera logren realizar una evaluación y exploración lo suficientemente sofisticada para lograr reducir riesgos en el sistema renal, se puede apoyar de imágenes como ultrasonografía para ver las medidas y tamaño de los riñones, si existe la presencia de litos, y si es así, proporcionar nuevas tecnología e investigaciones para lograr reducir mayores riesgos al astronauta.

Además el volumen se contrae en la parte torácica lo que podría percibirse en sobrecarga de este por los barorreceptores lo que produciría una disminución de la activación del sistema renina angiotensina aldosterona, sin embargo la secreción de la hormona antidiurética en el hipotálamo por aumento en la osmolaridad sanguínea y la reducción del volumen plasmático en un 17% y un estado de vasodilatación sistémica con consecuentes cambios fluctuantes de permeabilidad vascular son los que originan la diuresis y la excreción de sodio, también la excesiva reabsorción ósea, con llegada a los riñones del calcio y fosfato liberados desde el hueso produce esta litiasis renal; recordemos que la hipercalciuria es básica en la litiasis renal; y una ingesta escasa de agua, facilita la sobresaturación de calcio, fosfato y otros solutos en el filtrado renal <sup>21,58</sup>.

## Efectos de la radiación cósmica

La radioactividad en el interior de las células produce algo llamado radicales libres, son moléculas altamente reactivas que al chocar con otras moléculas se afectan, cualquier animal que se exponga a la radiactividad o radiación de cualquier tipo produce en el cuerpo un daño por estos radicales libres surgiendo el estrés oxidativo <sup>61</sup>, en el espacio el astronauta tendrá un estrés oxidativo elevado, el estrés oxidativo también es precursor del deterioro endotelial, es decir, una disfunción endotelial, por lo que los astronautas como se ha revisado en el capítulo de sistema cardiovascular y circulatorio debe valorar venas y arterias de gran calibre o alto flujo, para así determinar el grado de arterioesclerosis que tenga el astronauta previo al vuelo, y en su regreso volver a evaluar por las razones previamente

expuestas del estrés oxidativo. Los antioxidantes forman parte esencial para el astronauta ya que reduce el estrés oxidativo producto de la radiación <sup>61</sup>.

La exposición a radiación cósmica contiene diferentes tipos de intensidad en radiación, pero a la que más están expuestos es a rayos gamma, estos rayos gamma son altamente energéticos y constituyen la mayor parte de la radiación cósmica <sup>62</sup>, estos rayos gamma al interactuar con la célula pueden producir un cambio dentro de la célula y modificar el material genético de la misma, en consecuencia la creación de tumores a causa de altas cargas de exposición a radiación. Aquí la razón de uno de los mayores riesgos de los astronautas hombres o mujeres sea la creación de algún tipo de cáncer.

## Propuesta de valoración con las 14 necesidades de cuidados de Virginia Henderson

Enfermería se rige con su forma de actuar encaminada a solucionar o minimizar los posibles problemas de la vida cotidiana relacionados con la salud <sup>41</sup>, tomando en cuenta la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que refiere a la salud como un *estado de bienestar completo tanto físico, mental, social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades* <sup>63</sup>, la disciplina de enfermería asegura de manera contundente su actuar antes mencionado.

Para aplicar un cuidado que tanto representa a la carrera se necesita desarrollar habilidades meta cognitivas que permitan ordenar al igual que estructurar las actividades que se realizan y así fomentar el desarrollo, al igual que fortalecer el análisis para la toma de decisiones que conduzca a la solución de las situaciones en las que se interviene <sup>63</sup>, es decir la habilidad de tener un pensamiento crítico.

La estructura de las actividades se refleja en la aplicación del Proceso de Enfermería, que constituye una herramienta para organizar el trabajo del profesional de enfermería.

El proceso enfermero, termina siendo el método científico aplicado a los cuidados <sup>42</sup> ya que es ordenado, coherente, consistente y continuo. De esta manera salta a la pregunta ¿en qué ayuda tener un modelo sistemático y organizado al enfermero espacial?, así la manera

de aplicar un modelo de cuidado sistemático le aporta beneficios de forma clara a la ideología y a la filosofía de la disciplina, mantiene una identidad en la profesión.

Enfermería desde un punto de vista filosófico tiene una belleza estética práctica y teórica profunda, la belleza teórica va desde realizar una investigación hasta algo más complejo que forma las bases de la carrera como los modelos y teorías y dentro de esta belleza teórica se desarrollan los procesos con los que se rigen los pensamientos críticos hacia el cuidado.

Por otro lado está la belleza práctica, desde el momento que entramos a nuestros servicios hospitalarios o institucionales ponemos en práctica todo nuestro capital cognitivo que nos lleva a una mejor toma de decisiones con base en nuestro conjunto de habilidades, aptitudes y conocimiento para el beneficio de nuestro paciente, así es como el canular de manera correcta a un paciente tiene una belleza práctica, porque a través de un proceso de aprendizaje teórico práctico que involucra tiempo, un espacio que propicie la colocación del catéter, un sentimiento que con el vínculo enfermero paciente que se crea en ese momento se permite apreciar el momento exacto donde se conjuntan para hacer arte, por tanto enfermería es un arte, el arte y ciencia del cuidado.

Uno de los modelos de cuidados que mayor aceptación tiene en nuestro entorno es el de Virginia Henderson. Este modelo se ubica en los modelos de las necesidades humanas, en la categoría de enfermería humanística <sup>42</sup>.

### **1. Necesidad de respirar normalmente**

La persona astronauta debe tener adecuada salud en cuanto al sistema respiratorio y circulatorio, esto debido a que existe una estrecha relación entre ambos sistemas y que es dada por la circulación mayor y la circulación menor, las cuales que son fundamentales para que tenga lugar el transporte de gases y por ende la hematosis.

En este sentido es necesario recordar las fases en las que se da la respiración y que consisten en:

- Respiración externa o pulmonar, es llevado a cabo por los alveolos en la hematosis, el cual se realiza por la presión negativa que realiza de manera fisiológica el ser humano es decir, en una inhalación y una exhalación.
- Transporte de gases, el oxígeno se transporta por la sangre disuelta en el plasma combinado con la hemoglobina en su mayoría ( $HbO_2$ ) y este determina la presión parcial de oxígeno, por otra parte, el dióxido de carbono ( $CO_2$ , desecho de la respiración celular) se transporta de 3 tres formas: 5% disuelto, 30% con la Hb u otras proteínas, 65% combinado con el  $H_2O$ . De manera fisiológica el  $H_2CO_3$  se disocia en ion bicarbonato a hidrógeno participando en la regulación del equilibrio ácido–base, a través de quimiorreceptores, como  $pCO_2$ ,  $pO_2$ ,  $pH$  <sup>41</sup>.
- Circulación y respiración tisular, consiste en el suministro ininterrumpido de oxígeno a la célula, en relación al transporte de gases factor indispensable para la vida <sup>41</sup>.

Por lo tanto se deberá contemplar lo siguiente en una primera valoración antes de una misión en espacio exterior:

- ❖ Frecuencia cardiaca y respiratoria: cifras y características de la respiración en cuanto a la amplexión y amplexación, del mismo modo aquí se debe incluir el electrocardiograma para valorar ritmo y datos electrocardiográficos relevantes.
- ❖ Tomar la presión arterial, mantener en control y analizar las cifras que indican una adecuada perfusión sistémica y coronaria.
- ❖ Coloración en piel, mucosas y uñas.
- ❖ Tos y permeabilidad de vía aérea, también se deberá incluir la saturación parcial de oxígeno y si se cuentan con más estudios como espirómetro incluirla en la valoración
- ❖ Factores ambientales o personales que influyen en la respiración.
- ❖ Las pruebas de esfuerzo cardiopulmonares resultan una manera fascinantes de mantener en buen estado o mejorar el mismo del astronauta previo a su vuelo.

Uno de los mecanismos bioquímicos que nos mantienen con vida es el ciclo celular a través de la respiración celular anaeróbica con el ciclo de Krebs y la glucolisis; en el caso de las plantas se da por la fotosíntesis y la nuestra por intercambio energético y transformación

de oxígeno por anhídrido carbónico. Esto resulta en una dicotomía bastante perfecta para mantener la presencia de oxígeno y anhídrido carbónico regulado en nuestro planeta tierra.

Por tanto para aumentar el capital de oxígeno se han creado máquinas para producir y sintetizar el oxígeno, preservar agua y desechar el anhídrido carbónico. Las plantas y los experimentos del "X-ROOTS", del cual ya se habló, permite darle un sentido de equilibrio humanista taoísta al mecanismo de oxigenación y hematosis espacial.

En cuanto a la misión la valoración deberá ser por ahora a través de la telemedicina, haciendo la misma valoración pero habrá variaciones en tensión arterial y frecuencia cardiaca al igual que respiratoria por lo que ya se ha visto en el capítulo anterior con las zonas West pulmonares y los cambios en la redistribución de líquidos y modificación cardiaca.

Otro punto importante a tomar en cuenta es la hematosis dentro de la cabina, nave o estación que se encuentre en órbita. La fuente primordial de oxígeno es la electrólisis del agua, es básicamente romper o transformar la molécula de hidrogeno y oxígeno en gases, esto a través de la maquina llamada *ELEKTRON* y lo incorpora un sistema para recuperar agua a partir de la humedad ambiental de la atmósfera de la ISS. Parte de esta agua se destina al consumo de la tripulación y el resto pasa al proceso de electrólisis. Como sistema de reserva se emplean cartuchos de perclorato de litio que, al arder, generan oxígeno<sup>64</sup>.

Por lo anterior, se sugiere valorar el sistema respiratorio y cardiovascular de manera concisa, es decir:

- ✓ Tipo de respiración:
  - Nasal
  - Oral
  - Mixta

Presenta: eupnea, taquipnea, bradipnea, ortopnea, apnea del sueño.

- ✓ Caja torácica y patrón respiratorio:
  - Simétrico
  - Ritmo

- Amplitud
- Frecuencia
- Patrón tipo: cheyne stoke, kussmaul, biot.

Presenta disnea:

- En reposo
- En esfuerzos ( moderado, grave)

Presenta secreciones:

Blanquecinas		Abundantes	
Verdosas		Escasas	
Espesas		Purulentas	
Fluidas		Hemáticas	

- ✓ Cianosis: central o periférico,  $FiO_2$
- ✓ Gases arteriales:
  - Ph
  - $PaO_2$
  - $PaCO_2$
  - $HCO_2$
  - Sat.  $O_2$
  - Acido/Base
  - HbO
- ✓ Ruidos respiratorios:
  - Disminuidos
  - Ventilado
  - Sibilancias
  - Estertores
  - Crepitantes
  - Roncus
- ✓ Datos patológicos: (dolor de garganta, mucosas orales, nariz, tórax, abdomen)
- ✓ Exámenes complementarios: (espirometría, radiografías, TAC, etc.)
- ✓ Observaciones:

**Cardiovascular:**

- F.C.
- T/A
- Pulsos (rítmicos, disminuidos, perceptibles)

- Llenado capilar (signo de Godet)
- Ruidos cardiacos
  
- ✓ Valoración y funcionamiento del corazón como bomba:
  - Pericardio ( ecocardiograma)
  - Corazón como bomba (ecocardiograma)
  - Componente electromecánico ( electrocardiograma y ecocardiograma)
  - Válvulas ( ecocardiograma)
  - Auscultación ( ruidos cardiacos)
  
- ✓ Exámenes de imagen o complementarios:
  - Radiografía
  - Ecocardiograma
  - Electrocardiograma
  - Exámenes sanguíneos
  
- ✓ Datos patológicos:
  - Valvulopatías
  - Arritmias
  - Marcapasos
  - Dextrocardia con situs inversus
  
- ✓ Observaciones:

Como se puede observar, hay sistemas que forman parte de una necesidad y cuya función adecuada es vital para que la persona respire normalmente cubriendo las demandas de oxígeno y perfusión en su cuerpo.

## **2. Comer y beber adecuadamente**

La ingesta calórica en tierra deberá ser mínima de 2000 kcal al día <sup>40</sup>, esto puede variar dependiendo el entrenamiento a la que estén sometidos durante sus pruebas físicas, pero deben mantener una ingesta energética a base de hidratos de carbono lo suficientemente satisfactoria para no perder energía o que exista un deterioro en su estado nutricional.

Esta ingesta se puede llevar a cabo por una fórmula de acuerdo con el libro “enfermería espacial”, mostrado en la imagen 5.

**Cuadro 1. Fórmula para mantener un aproximado de necesidades energéticas por sexo.**

<b>Hombres 19 años en adelante:</b>
$[66.5 + (13.8 \times \text{peso}) + (5 \times \text{altura}) - (6.8 \times \text{edad})] \times 1.6$
<b>Mujeres 19 años en adelante:</b>
$[655.1 + (9.6 \times \text{peso}) + (1.9 \times \text{altura}) - (4.7 \times \text{edad})] \times 1.6$
<b>Tomando en cuenta:</b>
Peso= kilogramos
<b>Altura= centímetros</b>
Edad= años

Fuente: libro “enfermería espacial” Alejandro Bravo Valdez, Rodrigo Gómez Ayala, Miguel Marcos Puente Durán enfermería espacial. [Internet]. México C.D.M.X. Agencia Espacial Mexicana, 2018. Consultado [24 septiembre 2023]. Disponible en: <https://web.eneo.unam.mx/>

La ingesta de alimentos resulta difícil los primeros días del vuelo por los mareos e inclusive vómitos en su adaptación fisiológica a micro gravedad como ya se ha mencionado, es por ello que resulta complicado mantener una ingesta calórica adecuada. Sin embargo, una vez el cuerpo ya adaptado a micro gravedad se deberán de consumir esas 2000 kcal hasta 3200 kcal por medio de alimentos cuya clasificación es:

- Pre-envasados (producidos, procesados y envasados en nuestro planeta y se proporcionan a los astronautas listos para consumir o prácticamente listos <sup>(65)</sup>.
- Producidos en el espacio por sistema de biorregeneración (se producen en un invernadero donde se recrean las condiciones ambientales necesarias para el crecimiento de los cultivos <sup>65</sup>.

La imagen 7 describe algunos de los alimentos consumidos por la persona astronauta, mismos que cubren las demandas energéticas y cuya presentación es variable.

**Imagen 7. Alimentos de los astronautas en misiones espaciales.**



1. Alimentos usados en los Programas Mercury y Gemini
2. Alimentos usados en el programa Apolo
3. Ejemplo de alimentos termoesbilizados
4. Ejemplo de alimentos liofilizados de la NASA

Fuente: Rev Esp Nutr Hum Diet. 2015; 19(2): 116 – 123. La alimentación en los viajes espaciales tripulados: desde el Programa Gemini hasta la ISS/Shuttle.

Parte del menú que tienen los astronautas hoy en día se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6. Menú de la estación espacial del astronauta Tim Peake.**

DESAYUNO	COMIDA	POSTRES	BEBIDAS	CENA
Huevos revueltos	Sopa de chicharrón	Pudin de chocolate	Café	Filete de ternera a la parrilla
Galletas de avena	Pollo en salsa	Pay de chabacano	Té	Raviolis
Granola	Pasta con camarones	Barritas de cereales	Leche en polvo	Pollo en salsa de cacahuete
Salchichas	Ensalada de atún	Nueces de Macadamia	Chocolate	Papas guisadas
Frutos secos	Brócoli	Pastel de limón	Refrescos y limonadas o naranjadas	Arroz con alubias rojas
Magdalena con piel de maple	Tomates y berenjenas	Galletas de mantequilla	Licuado de fresas	Crema de espinacas

Fuente: Tomado del libro Ask an Astronaut. Tim Peake, 2017.

De acuerdo con “Human Adaptation to Spaceflight: the role of nutrition”<sup>66</sup>, los carbohidratos suministran la principal fuente de energía, misma que es ocupada por el cuerpo a través de las rutas metabólicas que utilizan órganos y células del cuerpo principalmente, como, el cerebro y glóbulos rojos que dependen de la energía obtenida de los carbohidratos. De acuerdo con este mismo informe, un informe hecho por los rusos, documentó una reducción de la glucosa plasmática en ayuno después de 60 u 88 días de vuelo. Del mismo modo una mala ingesta de carbohidratos podría traer riesgo a la tripulación al no poder actuar en situaciones de emergencia por su falta energética, y una deficiencia de carbohidratos lleva a la cetosis, lo que definitivamente afectaría el estado y el desempeño del astronauta. Actualmente hay pocos datos e investigaciones para comprender la ingesta de los carbohidratos con relación a la resistencia de insulina, pero es evidente que existen cambios metabólicos que si no son procurados a tiempo, los estragos en el cuerpo del astronauta podrían ser de riesgo para su continua salud.

El consumo de pescado podría servir para reducir el riesgo de deterioro esquelético, lo que proporciona una importante contramedida para el musculo, riesgos de deterioro óseo y de radiación de vuelo espacial<sup>66</sup>.

Es necesario que los astronautas ingieran al menos dos litros diarios de agua para aumentar el volumen de solvente y dificultar la precipitación de los solutos<sup>15</sup>, con esto se evita riesgo de litos renales causada por la descompensación hidroelectrolítica y la modificación circulatoria.

Dentro de los líquidos, algo que no puede faltar es el café. Es difícil mantener un líquido en el espacio por la tensión superficial y la falta de gravedad.

Los científicos en lugar de utilizar la fuerza de la gravedad para mantener el líquido en su lugar, utilizan una tecnología de flujo de líquido pasivo, que funciona aprovechando las propiedades físicas del líquido y la forma de la taza.

La taza tiene una estructura que aprovecha la dinámica de fluidos, tensión superficial y la forma de la taza para lograr preservar el café dentro de la taza y poder ser consumida<sup>67</sup>.

Una vez más, el ingenio del ser humano ha logrado reinventar la forma de ingerir líquidos en espacio exterior.

**Imagen 8. Taza para beber café por astronautas de la estación espacial.**



Fuente: International Space Society. [Internet] 2, Mar.2023. Consultado: 23 de septiembre 2023. Disponible en:

<https://t.co/xFGTva2Bw>

En este sentido, se debe valorar lo siguiente:

- ✓ Talla
- ✓ Peso
- ✓ IMC
- ✓ Circunferencia de cintura
- ✓ Superficie corporal
- ✓ Peso ideal
- ✓ Indicar si está en un régimen alimenticio: dieta tipo libre, hipocalórica/hipercalórico, hiperproteica/hipoproteica, etc.
- ✓ Apetito:
  - Disminuido
  - Normal
  - Aumentado
- ✓ Numero de comidas al día:

- ✓ Indicar si presenta dolor al deglutir: sólidos, líquidos o disfagia.
- ✓ Indicar si presenta:

**Nauseas**

Espontaneo	
Provocado	
Ninguno	

**Vómito**

Espontaneo	
Provocado	
Ninguno	

- ✓ Indique sus hábitos alimenticios: verduras, frutas, carnes etc.
- ✓ Lugar donde come: (trabajo, en compañía, solo, etc.)
- ✓ Tipo de encías:
  - Rosadas
  - Blanquecinas
  - Sangrantes
  - Otro
- ✓ Dientes:
  - Completos
  - Incompletos
  - Prótesis dentaria
  - Caries
- ✓ Lengua:
  - Limpia
  - Saburral
  - Lesiones
- ✓ Labios:
  - Integridad
  - Textura
  - Color

- ✓ Inspección general de abdomen:
  - Palpación, auscultación y observación
  - Piel y sus características
- ✓ Datos patológicos como la enfermedad de Crohn, pólipos, etc.
- ✓ Exámenes complementarios: (eco-abdominal, colonoscopia, antígeno prostático, pruebas de funcionamiento hepático, hemoglobina glucada, triglicéridos, colesterol, perfil de función tiroidea)

### 3. Necesidad de eliminación

Los astronautas tienen mayor riesgo de desarrollar urolitiasis en el espacio que en la Tierra y un cólico nefrítico complicado <sup>15</sup>. Es por esto que el mantener en control y en análisis continuo de su orina resulta importante para reducir el desarrollo de urolitiasis previo a su misión.

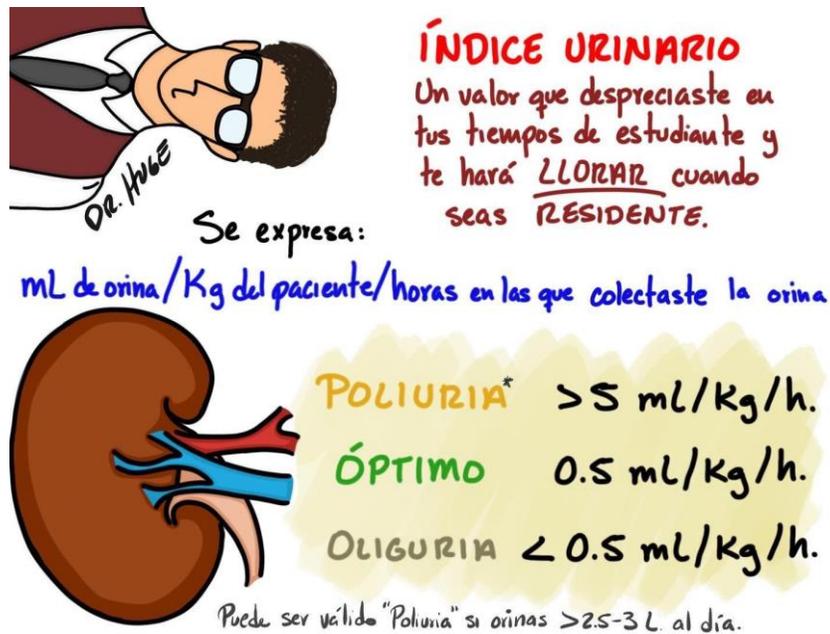
Enfermería es quien maneja el balance de líquidos en su quehacer profesional, esto incluye el conteo de orina y su análisis físico de la misma. Un análisis de orina se puede dividir en examen físico, químico y microscópico <sup>68</sup>. Es importante que enfermería tenga conocimiento en la valoración física de la orina que incluye:

- Olor
- Color
- Volumen
- Aspecto

Pero también es necesario que el enfermero conozca la interpretación de los análisis químicos y microscópicos, que pueden revelar alteraciones en la excreción, filtración o absorción tubular o renal. El programa de métodos de diagnóstico impartido por la facultad de estudios superiores Iztacala en la carrera de enfermería le enseña la relevancia y la importancia de comprender estas alteraciones para proporcionar cuidados inmediatos a la persona que lo requiera, traspolado al área espacial, enfermería debe conocer estos análisis

que se realizan a través del examen general de orina, por medio de la recolección, transporte y manejo de la muestra. De igual forma enfermería puede conocer el gasto urinario que tiene un paciente, en el espacio resulta sumamente útil ya que se mantiene monitorizado así el comportamiento en la excreción urinaria.

Imagen 7. Cálculo del índice urinario.



Fuente: Internet. Imagen elaborada por el médico especialista en medicina interna, sub-especialista en cardiología y con alta especialidad en rehabilitación cardíaca Hugo Alberto Radillo.

Un exceso de proteínas animales aumenta la calciuria y favorece la formación de ácido úrico y su filtrado por el riñón. De este modo, una comida rica en sodio reduce la reabsorción tubular de calcio, aumentando su concentración en el filtrado renal y facilitando su combinación con los ácidos oxálico y úrico, el efecto del citrato se debe a que por su fuerte carga aniónica se combina con el  $\text{Ca}_2+$  filtrado, formando una sal soluble de citrato cálcico que reduce la saturación de oxalato y urato cálcicos, y, por ende, la formación de cristales de sales de calcio <sup>15</sup>.

De acuerdo con Tim Peak, los astronautas previos al vuelo tienen la oportunidad de elegir realizarse un enema para que el sistema digestivo se adapte de mejor manera a micro gravedad <sup>44</sup>. Ya arriba el astronauta cuenta con un baño diseñado por succión lograr

recolectar la orina y las defecaciones del astronauta. Sin embargo, resulta complicado evaluar la orina en un estado físico, químico y microscópico, ya que la orina se reutiliza por un sistema llamado “UPA” que es un equipo de procesamiento de orina para reciclarse y poder utilizarla como agua después de ser filtrada por el equipo <sup>69</sup>.

En esta necesidad se debe valorar:

- ✓ Examen general de orina
  - Físico
  - Químico
  - Microscópico
- ✓ Valorar si existe algún problema con la micción:
  - Síndrome miccional ( o alguna de sus características)
  - Dolor en ángulo costo vertebral
  - Hematuria
  - Poliuria
- ✓ Sacar la frecuencia con índice urinario:
  - Anuria
  - Oliguria
  - Normal
- ✓ Exploración de heces
  - Escala braden
  - Cantidad
  - Frecuencia
- ✓ Datos patológicos: (infección de vías urinarias recurrentes, hiperplasia prostática, etc.)
- ✓ Exámenes complementarios: (examen general de orina, coprocultivo, copropositoscopico, antígeno prostático)

#### **4. Moverse y mantener posturas adecuadas**

Ejercicio y preparación física del astronauta resulta importante, ya que se prepara para usar sus sentidos habilidades motoras para sobrevivir en sus misiones espaciales. Los astronautas en tierra deben terminar un recorrido de agilidad lo más rápidamente y con la mayor precisión posible con el fin de mejorar su agilidad, coordinación y velocidad. Tras haber terminado, deberá escribir en su diario de la misión algunos comentarios sobre su agilidad durante esta experiencia física. La importancia de estos ejercicios es debido a que cuando los astronautas salen al espacio y regresan a la Tierra, experimentan problemas de equilibrio y control corporal debido a los cambios de gravedad. Cuando salen de la Tierra, sus cuerpos se ajustan a una gravedad escasa o nula. Tras su regreso, sus cuerpos deben reajustarse a la gravedad de la Tierra. El recorrido de agilidad se utiliza para evaluar el equilibrio, el manejo de los pies y la agilidad en respuesta a los cambios de gravedad. Una vez transcurridas varias semanas desde su regreso a la Tierra, su control del equilibrio vuelve a las condiciones previas al vuelo <sup>70</sup>.

Otro importante ejercicio es recorrer 1600 metros, con el objetivo de mejorar la resistencia de los pulmones, el corazón y de otros músculos. De acuerdo con la NASA el astronauta a la hora de explorar el espacio, llevan a cabo muchas tareas físicas. Cuando se hallan sobre la superficie de un planeta, si su vehículo se estropea, los astronautas tienen que ser capaces de recorrer una distancia de hasta 10 km (6.2 millas) para regresar a la estación base. Para ayudar a la NASA a saber si los miembros de la tripulación están físicamente preparados para llevar a cabo sus misiones o para regresar a la estación base, los astronautas se entrenan corriendo e izando pesos para mejorar su estado físico general <sup>70</sup>.

En el espacio, los astronautas deben ser capaces de girar, doblar, levantar y transportar objetos grandes. Para ello, deben contar con una musculatura fuerte en el tronco que les permita realizar sus tareas de forma eficiente y evitar lesiones. Para conservar la fuerza de la musculatura mientras están en el espacio, los astronautas practican ejercicios de fortalecimiento del tronco antes, durante y después de sus misiones. Aquí en la Tierra, estas actividades incluyen natación, atletismo, levantamiento de pesas o ejercicios de piso.

Cuando están en el espacio, los astronautas utilizan equipos especializados para seguir una rutina de ejercicios y mantener la musculatura del tronco en buen estado físico para realizar su trabajo. Los astronautas deben desarrollar resistencia muscular y coordinación. En un entorno de gravedad reducida, los astronautas no pueden caminar como en la Tierra. Tienen que coordinar manos, brazos y pies para impulsarse de un lugar a otro. Tanto en el interior de un vehículo espacial como fuera de él llevando a cabo Actividades Extra Vehiculares (AEV), la potencia muscular y la coordinación ayudan a los astronautas a moverse en el espacio <sup>70</sup>.

El área de la cultura física y del deporte, enfermería incorpora estrategias para la atención inmediata en situaciones de emergencia y urgencia en el campo del deporte, así como la rehabilitación de lesiones, aplicando conocimientos de farmacología y la interpretación de los exámenes de laboratorio y gabinete <sup>71</sup>. Es por ello que esta área de enfermería es muy importante para la preparación para la misión en espacio exterior, lo que se traduce en una mayor ventana de oportunidades para la investigación en nuestra disciplina si lo que se pretende es llevar al astronauta en la mejor forma posible. En este sentido se debe valorar:

- ✓ Sistema muscular, esquelético y neurológico.
  - Movimientos voluntarios
  - Movimientos faciales
  - Examen vestibular
  - Movimientos posturales
  - Escoliosis
  - Lordosis
  - Sifosis
  - Movimiento de cabeza, cuello, hombros
  - Marcha
  - Fuerza
  - Fuerza de extremidades
  - Extremidades inferiores

- Tono y masa muscular
  - Reflejos patológicos
  - Valoración del estado neurológico
- ✓ Datos patológicos: (atrofia muscular, deterioro neurodegenerativo, dificultad en marcha y postura)
  - ✓ Exámenes complementarios: (radiografía, densitometría ósea, pruebas sanguínea de creatinina, albumina y electrolitos)
  - ✓ Observaciones:

## 5. Dormir y descansar

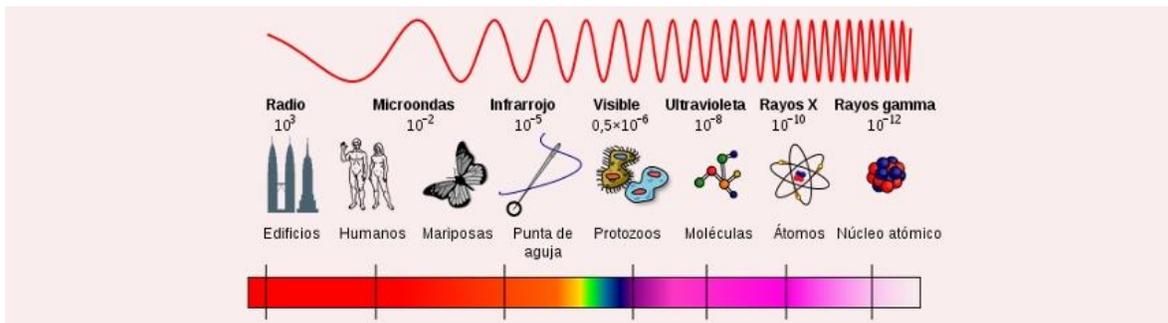
Como ya se ha visto, el sistema reticular activador ascendente tiene variaciones debido a la redistribución de líquidos y la ausencia prolongada de iluminación solar, lo que conduce al astronauta a padecer insomnio tras la pérdida de un amanecer y anochecer, si bien el descanso y sueño del astronauta en tierra no debería tener alteraciones, la valoración será a través del patrón del sueño y se incluyen horas del sueño. Si llegara existir algún factor que produce somnolencia o cansancio después de dormir o descansar, explorar sus hábitos relacionados con el sueño.

De igual forma, se debe evaluar los hábitos relacionados con el sueño/ descanso, el lugar donde se duermen, si llegara a precisar un ritual para dormir se deberá acoplar de la tierra al espacio o buscar hacer uno para su adecuado descanso. Otro enfoque importante es el patrón del sueño, previo a su vuelo es entendible que el astronauta por sus nervios o ansiedad presente dificultad para conciliar el sueño, sin embargo, apoyarlo en que se enfoque en su rutina podría permitirle disminuir su ansiedad y nervios.

El despedirse de la familia antes de un lanzamiento es de las cosas más difíciles para los astronautas, involucra ansiedad, nerviosismo y miedo, el miedo es un sentimiento inducido por un peligro percibido ya que esta la posibilidad de no regresar a casa. El nerviosismo de saber que vas a viajar a una velocidad de 8 km/seg. No dejaría dormir a cualquiera.

La percepción del tiempo juega un papel importante en la manera en que se amolda el ritmo circadiano para los astronautas, afectando sus tiempos de sueño, ya que pueden pasar 16 veces orbitar la tierra para poder ir a dormir, lo que puede causar insomnio si la persona ve en su ventana y es de día, la hormona del sueño conocida como melatonina disminuya y cambie el ritmo circadiano más de lo habitual. Llevar a cabo un horario para actividades previas a dormir resultara en éxito el que el astronauta se acostumbre a su nuevo ritmo circadiano, como modificar los cambios de intensidad de luz blanca-azul en jornada diurna a roja por la noche. La luz roja suprime menos la producción de la melatonina que otras longitudes de onda <sup>72,44, 73</sup>.

**Imagen 9. Espectro electromagnético**



Fuente: internet (youtube). Teoría cuántica/espectroelectromagnético. 4 enero 2018. [Citado el 28 septiembre 2023] disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=oKFdHCOlfp4&t=56s>

- ✓ Patrón y tipo habitual del sueño:
  - Horas
  - Siestas
  - Sueño profundo
  - Pesadillas
- ✓ Sitio donde descansa y duerme:
  - Trabajo
  - Hogar
  - Entorno social

- ✓ Medios para facilitar sueño: leer, masajes, música, entretenimiento, etc.
- ✓ Alteración del patrón del sueño:
  - Insomnio
  - Hipersomnia
  - Deprivación del sueño
  - Incomodidad
  - Fatiga
- ✓ Datos patológicos: (síndrome de apnea e hipopnea obstructiva del sueño, ansiedad, nerviosismo crónico)
- ✓ Observaciones:

## 6. Ropa adecuada para vestirse

Como ya hemos visto, algunos avances por parte de la NASA es la “*smart shirt*”, es una prenda que mide los movimientos corporales y los latidos del corazón, que a su vez usa una red inalámbrica para transmitir los datos de la estación espacial a la tierra<sup>37</sup>. Parte de la vestimenta del astronauta está dividida en actividades intra vehiculares y extra vehiculares, ambas tienen los mismos principios, ayudar al astronauta en su necesidad de oxigenación y cambio de gases, hidratación por medio de mangueras conectadas al traje y la eliminación de excretas corporales, la comunicación también es importante y por ello el traje cuenta con un sistema de comunicación para poder recibir indicaciones, de igual forma, los trajes están diseñados para protección de radiación y mantienen una temperatura euvolemica para que el astronauta no sufra variaciones o descompensaciones innecesarias durante su uso y sus tareas asignadas con el traje<sup>40</sup>.

Es importante que el personal de enfermería sepa y conozca el diseño del traje, para misiones en años próximos, podría ser una de las actividades por parte del personal saber evaluar si el traje está correctamente colocado y si cuenta con los suministros necesarios de oxígeno, agua y ropa interior para reducir los riesgos de las misiones a las que sean mandados los astronautas.

**Imagen 10. Astronauta Tim Peake en traje espacial sokol.**



Fuente: NASA photo. Internet.

- ✓ El uso de ropa adecuada y el vestirse es:
  - Adecuado
  - Exagerado
  - Descuidado
  - Meticuloso
- ✓ Actitud frente al vestuario:
  - Aceptación
  - Rechazo
  - Indiferencia
- ✓ Valorar si es capaz de:
  - Escoger su ropa
  - Tomar su ropa
  - Ponerse su ropa
  - Manipular broches, cierres, etc.
  - Quitarse la ropa
  - Uso adecuado de prendas intimas
- ✓ Su vestuario es:
  - Ajustado

- Holgado
  - Nuevo
  - Usado
  - Limpio
- ✓ Observaciones:
- ✓

## **7. Mantener la temperatura corporal**

De acuerdo con el libro de fundamentos de enfermería, la temperatura puede definirse como el equilibrio entre la producción y la pérdida de calor del organismo <sup>74</sup>. Por lo tanto para una mejor definición podemos describir la temperatura como el equilibrio entre la termogénesis y termólisis de la materia de un organismo, dentro del personal astronauta el equilibrio térmico es de suma importancia, ya que en cada rotación de la órbita terrestre la estación puede alcanzar temperaturas de hasta a 121 °C o en el otro lado de la tierra descender a -157 °C., por eso la nave y los trajes están diseñados con aislantes para mantener la temperatura del astronauta en un estado de eutermia fisiológica.

Enfermería deberá estar monitorizando la temperatura corporal en todo momento, vigilando el desequilibrio de la temperatura relacionado con la exposición de manera continua de ambientes extremos, presentando deshidratación o por un mal uso de la ropa para ambiente inadecuado, enfermería debe estar preparado para intervenir ante cualquier indicativo de aumento de temperatura o pérdida de la misma.

**Cuadro 2. Manifestaciones clínicas de termogénesis**

Comienzo (fase de frío/escalofríos)	Evolución (fase de meseta)	Defervescencia( fase de rubor)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aumento de frecuencia cardiaca</b></li> <li>• <b>Aumento de frecuencia y profundidad respiratoria</b></li> <li>• <b>Temblor</b></li> <li>• <b>Piel pálida y fría</b></li> <li>• <b>Quejas de sensación de frío</b></li> <li>• <b>Lechos ungueales cianóticos</b></li> <li>• <b>Piel con aspecto de “carne de gallina”</b></li> <li>• <b>Cese de la sudoración</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de escalofríos</li> <li>• Piel con sensación de calor</li> <li>• Foto sensibilidad</li> <li>• Ojos de aspecto vidrioso</li> <li>• Aumento de frecuencia cardiaca y respiratoria</li> <li>• Aumento de sed</li> <li>• Deshidratación leve o moderada</li> <li>• Somnolencia, inquietud, delirio o convulsiones</li> <li>• Lesiones herpéticas en la boca</li> <li>• Pérdida de apetito</li> <li>• Malestar, debilidad y dolores musculares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piel enrojecida</li> <li>• Sudoración</li> <li>• Disminución del temblor</li> <li>• Posible deshidratación</li> </ul>

Fuente: Audrey Berman; Shirlee J. Snyder; Barbara Kozier; Glenora Erb. Fundamentos de Enfermería. Vol.2. 2008.

**Cuadro 3. Manifestaciones clínicas de termólisis**

Manifestaciones clínicas de hipotermia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Disminución de la temperatura</b></li> <li>• <b>Temblor intenso</b></li> <li>• <b>Sensación de frío y escalofrío</b></li> <li>• <b>Piel pálida, fría, cérea</b></li> <li>• <b>Congelación (nariz, dedos de manos y pies)</b></li> <li>• <b>Hipotensión</b></li> <li>• <b>Disminución de la diuresis</b></li> <li>• <b>Falta de coordinación muscular</b></li> <li>• <b>Desorientación</b></li> <li>• <b>Somnolencia que progresa hacia el coma</b></li> </ul>

Fuente: Audrey Berman; Shirlee J. Snyder; Barbara Kozier; Glenora Erb. Fundamentos de Enfermería. Vol.2. 2008.

En la valoración de esta necesidad, se deben valorar algunos parámetros como la temperatura en distintas zonas como la axilar, bucal o rectal, anotándose lo encontrado.

- ✓ Temperatura
  - Hipertermia /hiperpirexia
  - Pirexia
  - Febrícula
  - Eutermia
  - Hipotermia
- ✓ Datos patológicos: (manifestaciones clínicas de hipertermia o hipotermia)
- ✓ Observaciones:

## **8. Higiene corporal e integridad de la piel**

Mantener la higiene corporal es una necesidad fundamental y ésta se define como el conjunto de actividades dirigidas a proporcionar el aseo del individuo mediante procesos de higiene y limpieza de la superficie del cuerpo y mucosas externas, y puede realizarse personal o asistidamente con la finalidad de conseguir un apropiado estado de salud y bienestar <sup>40</sup>.

La persona astronauta previo a sus misiones espaciales es atendido por parte del equipo médico para cuidar su piel y su higiene de manera minuciosa, así evitan el riesgo de contraer alguna enfermedad previo a la misión o el riesgo de llevar algún patógeno a la estación y poner en riesgo al equipo y la tripulación que se encuentre en contacto con la persona infectada, y estando a kilómetros de distancia sin algún integrante médico, el riesgo aumenta a pesar de estar monitorizado desde la tierra.

Previo a las misiones, los astronautas son puestos en cuarentena, con el objetivo de llegar en la mejor forma física y de salud a la estación espacial, esta cuarentena dura aproximadamente dos semanas y los astronautas deben estar confinados sin ver a nadie externo al equipo médico y algunos familiares. Las limpiezas deben ser meticulosas, con una

ducha especial usando jabón antimicrobiano y el secado con toalla esterilizada <sup>44</sup>, enfermería tiene un rol importante aquí, debe conocer el uso del equipo de higiene al igual que participa en la esterilización del material para el confinamiento del astronauta días previos a su vuelo. La dignidad de mantener al astronauta en condiciones de privacidad es algo que enfermería debe participar, ya que es común dejar a la persona desnuda sin la capacidad de cubrirse con algo no estéril en espera del médico a cargo de su cuidado.

Para cuando la persona está en el espacio la forma más común de higiene es a través de baños secos con esponja utilizando agua y jabón especial que se adhieren a la piel gracias a la tensión superficial cutánea, y tiene la singularidad que no se necesita enjuagar. Cuando finalmente terminan, si hay un exceso de agua o jabón, lo único que se debe hacer es retirar el sobrante con una toalla.

Para la higiene del cabello en el espacio, se utiliza champú especial que no requiere enjuague. Lo que el tripulante debe hacer es humedecer su cabello y añadir este champú exclusivo, después es necesario que frote el cabello tal y como lo hiciera en la Tierra. Al final se utiliza una toalla para retirar el exceso de agua y jabón. En una de las paredes junto al baño hay un ventilador que aspira el líquido excedente hacia un contenedor que conduce al tanque reciclador de aguas residuales de la nave para ser reciclada <sup>40</sup>.

Un problema que se presenta en el tejido epitelial es la descamación de los pies, la piel descamada se acumula en la planta de los pies y empieza a desprenderse por la falta de apoyo de la planta del pie, por lo que el saber tratar y cuidar la piel plantar será un reto para evitar que esa descamación se propague por la estación y produzca contaminación dentro del sistema de ventilación de los astronautas <sup>44</sup>.

✓ Hábitos higiénicos y frecuencia:

- Lavado de manos
- Limpieza perianal
- Limpieza bucal
- Baño corporal

✓ Estado e integridad de la piel:

- Piel
- Uñas
- Cabello
- Boca
- ✓ Piel:
  - Temperatura
  - Sensibilidad
  - Elasticidad
  - Hidratación
  - Transpiración
  - Textura
  - Grosor
  - Eritema
  - Lesiones
  - Pigmentación
  - Necrosis
  - Tejido cicatricial
- ✓ Escala Braden: (si fuera el caso)
- ✓ Necesita ayuda para bañarse:
- ✓ Necesita ayuda para ir al sanitario:
- ✓ Datos patológicos: (cáncer de piel, vesículas cutáneas, exantema, etc.)
- ✓ Observaciones:

### **9. Evitar peligros ambientales y evitar lesiones en otras personas**

No dejamos de ser un pez que viaja en el espacio en su propia pecera, lo único que separa al humano de la inmensa oscuridad del universo es una capa de metal de pocos centímetros, de estar aislado de todo, en silencio y estar en la más oscura inmensidad y enfrentarse a cuerpos celestiales que te pueden destruir en un instante. El ser humano ha sido capaz de afrontarse a retos sumamente difíciles en su tiempo en la tierra, pero ir al espacio es una

de las hazañas más difíciles que ha hecho, el humano es el equilibrio entre el espacio y la tierra.

Cuerpos celestiales, basura espacial, altas temperaturas, el aislamiento, la radiación, adaptación fisiológica y tareas extra vehiculares que pueden lesionar al humano son de las cosas más riesgosas a las que se enfrenta el astronauta. Sin embargo, los astronautas deben estar preparados para proporcionar primeros auxilios, la tripulación debe contar con 2 especialistas médicos a bordo, para realizar operaciones quirúrgicas básicas y saber suturar, pero solamente son adiestrados, no son personas con una preparación médica, es por ello que enfermería deberá empezar a ser líder en las próximas misiones si se pretende mantener la salud de los astronautas en una adecuada salud espacial. Enfermería tiene el adiestramiento, el conocimiento y la capacidad de realizar procedimientos quirúrgicos básicos como lo han estado implementando en 8 hospitales del reino unido, donde entran 2 años de adiestramiento quirúrgico para realizar injertos de piel, cirugía oral y extirpaciones de cáncer de piel, por lo que enfermería tiene las capacidades para consolidarse líder e intentar que logre enviar a un personal de enfermería a la estación espacial para la monitorización y cuidado del astronauta como una especie de cubículo de enfermería espacial <sup>44,75</sup>.

Otro gran problema es que el astronauta enferme de manera grave por una apendicitis, en situaciones de ese tipo se contacta al equipo médico a través de telemedicina para optar por el mejor tratamiento, si bien el botiquín en 2015 contaba con analgésicos, antihistamínicos, somníferos, antibióticos y hasta anestesia local, no es suficiente para tratar una peritonitis o apendicitis graves, de primera elección tal vez analgésicos y antibióticos pero se deberá priorizar la salud y esta la posibilidad de regresar a tierra por medio de la nave que puede usarse como “ambulancia” y en un par de horas regresar a tierra para atender al astronauta <sup>44</sup>.

Los astronautas en su adiestramiento deben conocer el uso de un desfibrilador automático externo ya que se encuentra uno en la estación espacial, y se prepara con escenarios de emergencia guiados por profesionales médicos en la tierra antes de ser enviados, por

ejemplo deben adiestrarse en técnicas de resucitación, colocación de terapia de infusión interóseas, pero los riesgos más comunes son sufrir laceraciones, fracturas y lesiones oculares <sup>(44)</sup>. Enfermería conoce sobre soporte vital básico y avanzado, forma parte del currículo profesional, de igual manera es experto en terapia de infusión, en la tierra es líder en manejo de terapia de infusión, es quien pasa más tiempo con catéteres, quien sabe colocar de mejor manera y actualmente la AMPTI que es la Asociación Mexicana de Profesionales de Terapia de Infusión cuenta con manuales y cursos dedicados al manejo de catéteres periféricos cortos, largos, de alto flujo etc., enfermería cuenta con las habilidades necesaria para prevenir riesgos al astronauta y saber actuar y tomar decisiones durante la misión, así apoyaría a reducir el estrés del astronauta en caso de que existiera una emergencia médica, de igual forma apoyaría en su salud mental previniendo riesgos de depresión por aislamiento entre muchas otras funciones donde enfermería es capaz de actuar.

- ✓ Antecedentes familiares: (ya mencionados)
- ✓ Pérdida de memoria:
- ✓ Valoración del estado del despierto: (alerta, letárgico, obnubilación, estupor, coma.)
- ✓ Valorar estado de conciencia: orientado, desorientado
- ✓ Alteración de percepción:
  - Auditivas
  - Kinestésicas
  - Gustativas
  - Táctiles
  - Olfativas
  - Sensibilidad: aumentada/disminuida
- ✓ Estado de ánimo: (tranquilo, ansioso, estable, triste, eufórico, etc.)
- ✓ Conductas peligrosas:
  - Impulsividad
  - Inquieto
- ✓ Visión:

- Sin alteraciones
- Deficiente
- Ceguera
- ✓ Oído:
  - Sin alteración
  - Deficiente
  - Sordo
- ✓ Consumo de sustancias toxicológicas: (alcohol, sustancias psicoactivas, cigarro, etc.)
- ✓ Respuesta a situaciones estresante: (somatización, inhibición, consumo de tóxicos, etc.)
- ✓ Cambios en el último año:
  - Perdida familiar
  - Enfermedad de familiares
  - Enfermedad propia
- ✓ Conductas violentas: (hacia sí mismo o hacia otros)
- ✓ Datos patológicos: (trastornos compulsivos agresivos, psicópata, sociópata, depresivo, trastorno de la personalidad, trastorno bipolar, trastorno de ansiedad generalizada, etc.)
- ✓ Observaciones:

## 10. Comunicación con los demás

La estación espacial cuenta con internet wifi, sin embargo esta red está conectada únicamente con el centro de control de la misión para dar indicaciones y monitorizar al equipo de astronautas, la comunicación para uso personal usa otra red que tarda en más tiempo en cargar por la banda ancha que tienen y el uso de la otra red para la misión. De acuerdo con Tim Peake, en las noches es cuando mejor línea tienen de internet para comunicarse por mensaje con sus familias o navegar por internet en redes sociales, sin embargo, aproximadamente solo tienen dos horas para contestar sus mensajes personales

porque su día termina a las 19:00 hrs y aproximadamente a las 22:30 hrs se van a descansar<sup>44</sup>.

Realmente no hay desconexión del astronauta con familiares y el equipo de trabajo en la tierra, su comunicación con su equipo y el contacto con más personas ayuda a reducir la depresión, y mantener un cierto tiempo a contestar mensajes y no todo el día le permite tener un control en sus emociones para seguir al día siguiente por el tiempo que este se valla a espacio exterior.

Enfermería puede tener un papel importante en la vigilancia de salud mental del astronauta a través de test o exámenes de cribado que le den una perspectiva del estado en que se encuentra el astronauta, por ejemplo test de Pfeifer para deterioro cognitivo, el cuestionario de duke podría ser modificado para el apoyo social que percibe el astronauta dejándolo más tranquilo en lo que pasa en su hogar, pero debería haber más instrumentos que permitan al enfermero a identificar datos que le indique que el paciente astronauta está deteriorándose su salud mental a depresión y ponga en riesgo la misión y su equipo.

- ✓ Valorar lenguaje:
  - Disartria
  - Disfonía
  - Disfasia
- ✓ Afasias:
  - Wernicke
  - Broca
  - Corticales
  - Subcorticales
- ✓ Organización y pensamiento del lenguaje: (coherente, delirado, organizado)
- ✓ Expresión del lenguaje: (tono, velocidad, tranquilo, nervioso, etc.)
- ✓ Dificultad en la comunicación verbal: (dificultad de comprensión o expresión, mutismo, verborrea)

- ✓ Datos patológicos: (evento cerebrovascular isquémico/hemorrágico, deterioro neurocognitivo)
- ✓ Observaciones:

### **11. Practicar las creencias**

Es la necesidad de rendir culto de acuerdo con la propia fe y valores de la persona. Las personas adoptan actitudes o realizan actos y gestos de acuerdo al ideal de justicia, del bien y del mal o para seguir una ideología, la importancia de esta necesidad radica en que toda persona necesita de una serie de valores y creencias para poder desarrollarse como tal. Ésta necesidad debe ser satisfecha por parte de la enfermera o enfermero desde el respeto a esos valores y creencias y prestando especial atención a que ésta necesidad adquiere más importancia en momentos de enfermedad y podría constituir un apoyo para ayudar a las personas a afrontar y adaptarse a su situación actual y futura <sup>41,42</sup>.

Parte de la toma de decisiones de una persona se basa en su libre albedrío con base en su ideología de lo que está bien y mal, esto se relaciona con la forma en que ya sea su religión, su fe o sus creencias influyen en las acciones de su decisión, por ello es importante que el enfermero mantenga una mente abierta respetando la fe y espiritualidad de la persona entendiendo al astronauta como un todo, es decir, un ser biológico, psicológico, social, cultural y espiritual. Dentro de la carrera de enfermería en la facultad de estudios superiores Iztacala se lleva el módulo optativo de tanatología, donde se imparten los conceptos de muerte, finitud e infinitud del hombre, de igual forma la ramificación de conceptos de religión, ritual, rito, espiritualidad, creencia, costumbres, todo ello es lo que conforma al ser humano. Por lo antes mencionado, el enfermero debe saber comprender la importancia de mantener una mente abierta si pretende apoyar en misiones espaciales, ya que cada persona debe seguir sus creencias ya sean religiosas, espirituales, físicas o destino. Es por ello que la valoración por parte de enfermería deberá incluir la facilidad o dificultad que tenga el astronauta para vivir según sus creencias y valores, la importancia de la religiosidad o espiritualidad de la vida, su actitud ante la muerte, algunas circunstancias que influyan en

su filosofía de vida, tal vez algunas prohibiciones por su religión por pensar que su dios pueda condenarlo o atribuirle algún castigo o su espiritualidad.

Valorar:

- ✓ Religión que profesa o creencia: (catolicismo, cristianismo, judaísmo, taoísta, etc.)
- ✓ Prácticas religiosas habituales: (asiste al templo, realiza ceremonias, etc.)
- ✓ Idea a corde su creencia o religión de la muerte: (metafísica, teología, destino)
- ✓ Observación:

## 12. Trabajo gratificante

El trabajo de cualquier persona que tenga gusto y amor por lo que hace debería ser gratificante, podrías tener un día muy pesado en la escuela, en la oficina, tal vez el hospital, pero si tienes amor y gusto por lo que haces al final del día sentirás que aprendiste algo nuevo y habrá valido la pena.

Lo mismo con la persona astronauta, Tim Peake menciona en su libro “as kan astronaut” lo mucho que disfrutaba ser astronauta y lo reconfortante que era su trabajo, ya que tenía infinidad de pendientes por hacer en su día a día en la estación espacial, lo que le ayudaba a estar en un entorno exigente y dinámico, desde realizar modificaciones en la estación espacial hasta realizar experimentos científicos eran parte de sus labores que tenía y que sin duda alguna es una de las oportunidades que cualquier niño podría interesarle, ser astronauta y tener una de las experiencias más increíbles y surrealistas que se puedan tener para vivir en un empleo <sup>44</sup>.

Para el personal de enfermería a cargo del paciente astronauta debe saber y entender que parte de las exigencias del trabajo es una mentalidad lo suficientemente fuerte para evitar que en el espacio por la carga de estrés y trabajo el astronauta termine por desarrollar el

síndrome del impostor, si bien enfermería no es psicología, durante la carrera si se enseñan a través de módulos como psiquiatría la importancia del perfil psicológico.

Por tanto, el papel de enfermería por ayudar a que el astronauta entienda que los mensajes o frases auto inducidas si influyen en el despertar emocional, así la forma en que se desenvuelve con su equipo y eso terminara apoyándolo en su tiempo de trabajo en la estación espacial.

- ✓ Nivel de escolaridad: (primaria, secundaria, etc.)
- ✓ Trabajo y seguridad laboral: (presenta condiciones de habitabilidad y seguridad)
- ✓ Independencia:
  - Física
  - Económica
  - Psicosocial
- ✓ Condición laboral: (satisfactoria, insatisfactoria)

### **13. Desarrollo de actividades lúdicas y recreativas**

A los seres humanos les gusta jugar, hemos jugado desde hace muchos años, desde milenios el ser humano ha sido consciente de la necesidad de ocupar una parte de su tiempo con actividades recreativas para liberarse de la tensión creada por su trabajo diario. Las diferentes maneras de recrearse han cambiado con la evolución de las sociedades, hemos jugado en el patio de la escuela, en el mundo que nos rodea. Jugar, tener una actividad de óseo o recreativa es la mejor forma de aprender de nuestros cuerpos y nuestras mentes, nos permite llevarnos a un límite al que no conocíamos de nosotros mismos, nos ayudan a explorar de lo que somos capaces de hacer. Algunas de las actividades que se realizan en el espacio son diferentes a las de la tierra, evidentemente por falta de gravedad, otras son muy parecidas, pero sin duda alguna mantiene a la mente ocupada para liberar tensión. Actividades recreativas o juegos que el astronauta hace en tierra al aire libre en el espacio

sería imposible, así que la adaptación de actividades va encaminada a cada persona astronauta, pero también actividades que se pueden hacer en equipo.

De acuerdo con Tim Peake, los astronautas el fin de semana tenían su agenda menos ocupada, por lo que podían tener más tiempo de ocio, se ponían a limpiar la estación espacial, realizar videoconferencias con familiares, leer libros o escucharlos en audiolibros, escuchar podcast, la fotografía como pasatiempo y las películas <sup>44</sup>.

Enfermería en su valoración debe incorporar aspectos como hábitos culturales de ocio, Circunstancias que influyen en su entretenimiento: recursos comunitarios a su alcance y el uso que hace de ellos, actividades recreativas que realiza habitualmente, número de horas que le dedica a la semana, presenta dificultad para realizar sus pasatiempos habituales y respuesta ante situaciones estresantes: somatización, inhibición, etc. <sup>41,42</sup>.

**Imagen 11. Foto tomada por astronauta Tim Peake.**



Fuente: ESA/NASA, fotografía tomada por Tim Peake. Milky Way Rising.

- ✓ Actividades antes de ser incorporado al programa: (que hace)
- ✓ Durante el programa: (que hace)
- ✓ Posterior al programa: (que hace)
- ✓ Recreación:
  - Actividades físicas

- Actividades de ocio
- ✓ Juegos: (participa en algún juego, placer al jugar, etc.)
- ✓ Observaciones:

#### **14. Aprender a satisfacer la curiosidad**

Aprender es una necesidad del ser humano de adquirir conocimientos, actitudes y habilidades para la modificación o adquisición de comportamientos <sup>41</sup>. El astronauta debe estar en constante aprendizaje, desde la tierra hasta las misiones por la que ira a trabajar en la estación espacial, es por ello que previo al vuelo el enfermero dentro de su valoración incluya algunos instrumentos de valoración para evaluar una antes y un después de su regreso a la tierra.

Parte del aprendizaje del astronauta es llevado a cabo por experimentos científicos realizados en el espacio, por lo que su interés y su necesidad de aprender se vuelven importante en su estancia espacial. Algunos de los experimentos orientados al aprendizaje y desarrollo de nuevo conocimiento han sido uso de la esclusa como cámara hiperbárica para su uso con pacientes asmáticos, las investigaciones de estructuras proteicas con su uso en enfermedades como Alzheimer, Parkinson, Huntington o encefalopatía espongiiforme bovina, pero donde ha tenido resultados favorables es en el tratamiento de distrofia muscular de Duchenne y actualmente se estudian para enfermedades como hepatitis C, Huntington, algunos canceres y fibrosis quística, pero también investigaciones para el envejecimiento, desarrollo de vacunas, el desarrollo en investigaciones con plasma frio, y micro encapsulación <sup>44</sup>.

Parte de la valoración del enfermero a cargo del astronauta debe incorporar los comportamientos indicativos de interés por aprender y resolver problemas: Preguntas, participación, resolución de problemas, proposición de alternativas, circunstancias que influyen en su aprendizaje: nivel de instrucción, limitaciones, valoración de Pfeiffer: para el estado mental cognitivo, recursos que utiliza para conseguir el grado de conocimiento de su actual estado de salud <sup>41</sup>.

- ✓ Atención:
  - Mantiene la concentración
  - Sigue secuencia
- ✓ Memoria:
  - Corto plazo
  - Mediano plazo
  - Largo plazo
- ✓ Datos patológicos: (deterioro neurológico del lóbulo temporal)
- ✓ Observaciones:

## Propuesta de una primera valoración (qué debe incluir):

Ficha de identificación:

- Nombre del paciente
- Servicio
- Fecha de nacimiento
- Sexo ( las mujeres tienen más riesgo de desarrollar cáncer)
- Expediente

Ingreso del paciente:

- Domicilio
- Lugar de nacimiento (algunas patologías vienen del lugar de origen de la persona)
- Constantes vitales: T/A, F.C, F.R, Gluc., Temp.

Antecedentes heredofamiliares:

- Enfermedades cardiovasculares
- Enfermedades neurológicas
- Enfermedades respiratorias
- Enfermedades renales
- Enfermedades osteomioarticulares
- Enfermedades metabólicas
- Cáncer

Antecedentes patológicos y no patológicos:

- Edad (ciertas patologías se presentan dependiendo el grupo etario)
- Alergias
- Enfermedades ( previas o ya diagnosticadas)
- Hospitalizaciones ( cuantas y por qué)
- Exposición ( químicos, físicos, biológicos)
- Embarazos ( si fuera el caso)

## Diagnóstico e intervenciones de enfermería acorde con los cambios más evidentes e importantes de los sistemas.

### Insuficiencia cardiaca

El corazón tiene un remodelamiento cardiaco en el espacio, por ello, en su regreso el paciente astronauta puede presentar insuficiencia cardiaca, dependiendo el grado de severidad del remodelamiento cardiaco y del tiempo que estuviera en el espacio se deberá dar su seguimiento.

Diagnósticos posibles a pronóstico de su salud cardiaca en su regreso a tierra:

- I. Déficit del intercambio gaseoso relacionado con deterioro del patrón respiratorio, manifestado por disnea, uso de músculos respiratorios, taquipnea.
- II. Disminución del gasto cardiaco relacionado con fracción de expulsión disminuido, manifestado por cambios en el estado del despierto, pérdida de peso, cambio en la turgencia de la piel, temperatura.
- III. Exceso de volumen de líquido relacionado con inadecuada permeabilidad del espacio extravascular, extravascular e intersticial, manifestado por signo de godet en extremidades.

- IV. Riesgo de la disminución tisular cardiaca relacionada con disminución del gasto cardiaco, deterioro del inotropismo y fracción de expulsión disminuida.
- V. Perfusión tisular periférica ineficaz relacionada con disminución del gasto cardiaco, fracción de expulsión disminuida, manifestada por aumento de lactato, cambio de temperatura tisular, deterioro del estado del despierto.
- VI. Riesgo de shock relacionado con perfusión ineficaz del tejido cardiaco, disminución del gasto cardiaco.

Intervenciones de enfermería:

Las intervenciones de enfermería se pueden dividir en dos partes, las que se pueden sugerir durante el vuelo espacial y en su regreso.

Durante:

- Mantener monitorización cardiovascular continua mediante sesiones de telemedicina continuas.
- Ejercitarse con “HIIT” durante su estancia en el espacio por las maquinas que se encuentren dentro de la estación.
- Realizar valoración con ecocardioscopio y electrocardiografía por medio del holter.

De regreso:

- Valoración y monitorización hemodinámica no invasiva continua.
- Mantener cifras de presión arterial por debajo de 120/80 mmHg y PAM entre 65 y 80 mmHg, para evitar que la insuficiencia cardíaca se agudice.
- Considerar el tratamiento de otros factores de riesgo para prevenir o retrasar la aparición de insuficiencia cardiaca.

- Administrar O<sub>2</sub>, para disminuir la disnea a medianos, bajos o nulos esfuerzos, de acuerdo a su clasificación NYHA, manteniendo SatO<sub>2</sub> >90%.
- Identificar y prevenir las alteraciones relacionadas con hipoxia cerebral, como son mareo, confusión, letargo e irritabilidad.
- Identificar los signos de intolerancia a la actividad y restringir la misma de acuerdo a su clase funcional NYHA.
- Toma de muestras para laboratorio, QS, BH, TC, GASA, Enzimas cardíacas y BNP, ProBNP.
- Valorar el llenado capilar, e interpretar posibles datos de hipoperfusión.
- Mantener el equilibrio hidroelectrolítico, equilibrio ácido base.
- Identificar y resolver los datos de exceso de volumen de líquidos (edema, anasarca, distensión yugular, estertores, oliguria, elevación de la PVC).

#### Litiasis renales

Como ya hemos visto, los litos renales son las afecciones genitourinarias del astronauta en un 10%. Por lo que el riesgo de desarrollar litiasis renal en el espacio puede ser peligroso por las complicaciones que deriva en su salud a futuro en su regreso a tierra.

#### Diagnósticos:

- Dolor agudo relacionado con obstrucción de las vías urinarias manifestado por fascias algicas, dolor en zona costo vertebral.
- Deterioro de la eliminación urinaria relacionado con obstrucción de vías anatómicas, manifestado por disuria, polaquiuria, índice urinario disminuido.
- Riesgo de infección relacionado con la obstrucción de vías anatómicas del flujo de la orina.

#### Intervenciones de enfermería:

Durante las misiones de vuelo será encaminada a evitar formar oxalato y fosfato de calcio.

- Consumo de líquidos mínimo 2l al día
- Evaluación de la analgesia si fuera necesario

- Monitorización de excretas urinarias y conteo de índice urinario

Para su regreso a tierra:

- Evitar ingesta de líquidos
- Monitorización de síntomas de dolor
- Monitorización hemodinámica no invasiva
- Coadyuvar con el equipo médico para plan quirúrgico si fuera necesario
- Evaluar eficacia de medicamentos analgésico

### Osteopenia

La desmineralización ósea produce una reabsorción del calcio y para ser eliminado debe ser por vía renal, sin embargo, la concentración excesiva puede producir litos renales u obstruir las vías excretoras de la orina.

Diagnostico:

- Riesgo de fractura relacionado con disminución de la densidad ósea
- Dolor relacionado con molestias musculo esquelética
- Riesgo de deficiencia relacionado con falta de exposición solar o dieta deficiente

Intervenciones:

- Proporcionar analgesia
- Evaluar densidad ósea en conjunto con el equipo medico
- Animar al paciente a realizar ejercicio de fortalecimiento muscular y peso
- Asegurarse que mantenga una dieta rica en calcio y vitamina D
- Si fuera necesario apoyar y enseñar el uso de suplementos alimenticios
- Dar un plan de seguimiento y animar al paciente a que acuda a citas médicas de control.

## Anemia

Uno de los principales problemas que presenta el astronauta es la anemia selectiva los primeros días de vuelo, por lo siguiente es que se aportan posibles diagnósticos relacionados con su patología:

- Deterioro de la perfusión tisular periférica relacionada con la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno, manifestado por disminución del conteo eritrocitario y disminución de hemoglobina y hematocrito.
- Fatiga relacionada con falta de oxígeno en los tejidos, manifestada por incapacidad por mantener concentración en actividades normales.

## CONCLUSIONES

Enfermería espacial tiene un camino por delante, las especialidades por parte de enfermería deberían empezar a voltear nuevas innovaciones en investigación del cuidado asociado al entorno espacial, como ya se ha abordado en el presente trabajo, muchas innovaciones pueden traer respuestas a necesidades humanas para mejorar la salud, la docencia, las investigaciones, entre otras.

Actualmente enfermería en México cuenta con especialidades que imparte la FENO (Facultad de Enfermería y Obstetricia) antes ENEO, son 15 especialidades donde enfermería puede incursionar en investigaciones innovadoras.

Cada especialidad puede aportar muchísima información nueva y actualizada en cuidados, por ello, las especialidades deben voltear a ver el panorama actual en el que se encuentra la disciplina para plantear nuevas preguntas al campo espacial, ser líderes en investigaciones espaciales y encaminar en un futuro a una nueva generación de especialización en enfermería espacial.

La Facultad de Estudios Superiores Iztacala cuenta con un programa de estudios completo para empezar a preparar un perfil del futuro enfermero/enfermera espacial, habrá que hacer modificaciones dentro del sistema escolar de enfermería si lo que se pretende es abrir

un nuevo camino a lo que en un futuro será lo más requerido para el ser humano, pudiendo así ser líderes en este nuevo campo de interés.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. National Geographic. SpaceX da comienzo a los vuelos comerciales regulares a la órbita con su último lanzamiento 2020. [Sitio internet]. [Consultado en Agosto 17 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46OfTjJ>
2. Voz de América. Primeros turistas en viajar a la estación espacial internacional se acoplan a la plataforma en órbita. 2022. [Sitio en internet]. [Consultado en Noviembre 25 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3rIIVlj>
3. Hugo M., Michel O. La misión Artemis 1 ha la luna, oportunidad para hacer más ciencia. Gaceta UNAM. [Internet] 2022 [Consultado en Agosto 17 2023]; 322(5): 3-5. Disponible en: <https://bit.ly/46n3yCt>
4. Gobierno de México. Presentan primer proyecto espacial mexicano que viajará a la Luna, en la Cámara de Diputados 2023. [Sitio en internet]. [Consultado en Septiembre 14 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3POBrF2>
5. UNAM. Carrera de enfermería, FES Iztacala 2023. [Sitio en internet]. [Consultado en Agosto 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/48UAO5z>
6. Universidad de Antioquia. La ciencia y el poder en el pensamiento de Francis Bacon: ¿una propuesta pública que iguala los entendimientos?.[sitio internet]. [consultado en Octubre 16 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3QjtboY>

7. Aprendemos juntos 2030. Versión completa. "Todos somos tataranietos de un científico". Javier Santaolalla, Doctor en Física. [Vídeo de internet]. Youtube. 2018. [Consultado en Noviembre 5 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3M1JY6E>
8. Colegio Santa María de Maipú. Él sueño de volar Leonardo Da Vinci. [sitio internet]. [Consultado en Octubre 16 de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3QkhEPy>
9. Tomasini M. Las máquinas de Leonardo da Vinci. Rev Ciencia y Tecnología [Internet] 2012 [Consultado Diciembre 24 2022]; 12(1): 27-36. Disponible en: <https://bit.ly/3PCxGTf>
10. Johannes Kepler. Somnium 1634. Pág. 1-50.
11. Academia Nacional de Medicina de México. Medicina Espacial. México: ANMM, 2016: 1-256. [Consultado en Enero 24 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3ZFaAzW>
12. Bridges V. Historia de las comunicaciones. Transportes aéreos. 1ª ed. España: Pamplona; 1971. 157 p. 12-26.
13. Rodríguez A. II. Daniel Vergara Lope Escobar, una vida y una obra que se perdieron en la historia. Gac. Med. Méx. [Revista en Internet] 2004 [Consultado Noviembre 17 2022]; 40(4). Disponible en: <http://bit.ly/46vLshM>
14. Rodríguez A. Daniel Vergara-Lope y la fisiología de altura en el Instituto Médico Nacional. (rev) [Internet] 2012 [Consultado Enero 24 2023]; 42-47. Disponible en: <https://bit.ly/48LcMdu>
15. Prieto S. El hombre en el espacio. Dendra Médica Rev. [Internet] 2012 [Consultado Enero 24 2022]; 11(2): 178-195. Disponible en: <https://bit>
16. Herrera M. Exploración Espacial. Rev ¿cómo ves?. [Internet] 2002 [Consultado en Enero 17 2023]; 38: 10-14. Disponible en: <https://bit.ly/3RUXVqM>
17. NASA. Sputnik 1. 2011 [Sitio de internet]. [Consultado Febrero 7 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46lWcPx>
18. Diario AS. Siempre fallaste; no importa, inténtalo otra vez, falla mejor 2014. [Sitio internet]. [Consultado en Agosto 12 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46tqjVp>
19. LePage A. Vanguard 1: The Little Satellite That Could. [Internet] 1998 [Consultado Noviembre 28 2022]; 4 pp. Disponible en: <https://bit.ly/45lzVAi>

20. Leal A. La exploración del espacio [Internet]. 2020 [Consultado Diciembre 20 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3PPP9HI>
21. Rivera M, Cornejo J, Huallpayunca K, Diaz A, Ortiz Z. Medicina humana espacial: Performance fisiológico y contramedidas para mejorar la salud del astronauta. Rev Fac Med Hum [Internet] 2020 [Consultado Septiembre 29 2023]; 20(2): 303-314. Disponible en: <https://bit.ly/46s4ZQ0>
22. Ojo de Mosca. Homenaje a Laika. s/f [Sitio de internet]. [Consultado Diciembre 19 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3S1WhUq>
23. EOM. 12 de abril de 1961: el cosmonauta soviético Yuri Gagarin se convierte en el primer hombre lanzado al espacio. 1997 [Sitio de internet]. [Consultado Noviembre 28 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3tw4BBR>
24. NASA. Mercury project summary including results of the fourth manned orbital flight. Washington D.C 1963 [Sitio de internet]. [Consultado Septiembre 16 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3RWhe2P>
25. AstroMía. El Proyecto espacial Mercury de la NASA. s/f [Sitio de internet]. [Consultado Septiembre 11 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/48Xb1Kn>
26. Cano P. Primeras mujeres astronautas. [Internet] s/f [Consultado Septiembre 20 2023]; 55-62. Disponible en: <https://bit.ly/3FaY3ed>
27. NASA. Project Gemini Technology and Operations. Washington D.C 1969 [Sitio de internet]. [Consultado Enero 24 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3POSIDG>
28. AstroMía. Él Programa Apolo NASA. S/f [Sitio internet]. [Consultado Enero 25 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3ZXNfth>
29. Gobierno de México. Antecedentes de la AEM. 2011 [Sitio en internet]. [Consultado en Marzo 4 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3FeCUjk>
30. Gaceta UNAM. Proyecto Teórico de Enfermería Espacial Único en el Mundo. 2018 [Sitio en internet]. [Consultado en Noviembre 28 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3Fjkj5O>

31. Nmas. Una entrevista con el médico aeroespacial mexicano Carlos Salicrup. [video de YouTube]. YouTube 2017. [consultado en Octubre 10 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/48YHnV2>
32. Gobierno de México. Dee O'Hara, primer enfermera espacial 2017. [Sitio de internet]. [Consultado en Diciembre 18 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46Cfbpg>
33. Rani U. Space nursing. Nara Nur Jour [Internet] 2020 [Consultado en Octubre 10 2023]; 21- 23. Disponible en: <https://bit.ly/3tsfHY6>
34. Gobierno de México. De O' hará-Primer Enfermera Espacial. 2017 [Sitio en internet]. [Consultado en Marzo 4 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3POSpDq>
35. NASA. Investigaciones de la estación: Semana del 27 de marzo 2023. [sitio internet]. [Consultado en Enero 16 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3PYvuFL>
36. NASA. Medidas estándar de vuelos espaciales: caracterización de cómo los humanos se adaptan en el espacio 2021. [sitio internet]. [Consultado en Enero 17 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3FicUDz>
37. NASA. Los astronautas de la tripulación 4 se dirigen a la estación espacial para realizar ciencia en microgravedad. [sitio internet]. [Consultado en Febrero 19 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/45xFN9t>
38. NASA. Aspectos destacados científicos de la estación espacial SpaceX Crew-5 de la NASA. [sitio internet]. [Consultado en Febrero 24 2023]. Disponible en: <https://go.nasa.gov/3M7iYCJ>
39. NASA. eXposed Root On-Orbit Test System (XROOTS) Tech Demo. s/f [Sitio de internet]. [Consultado en Octubre 12 2023 ]. Disponible en: <https://bit.ly/3QeZkHk>
40. Gómez R, Puente M. Enfermería Espacial [Internet] México: UNAM, 2018: 242. [Consultado Octubre 28 2022] Disponible en: <https://bit.ly/3Fjn2MA>
41. Correa E, Verde E, Rivas J. Valoración de enfermería basada en la filosofía de Virginia Henderson. UAM [Internet] 2016 [Consultado en Septiembre 29]; 9-67. Disponible en: <https://bit.ly/3S0QuPO>

42. Colegio Oficial de Enfermería. Proceso Enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los Lenguajes NNN. España: COE, 2010: 217. [Consultado en Septiembre 27 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46NTodZ>
43. Date un Vlog. Así son las PRUEBAS MÉDICAS para ASTRONAUTA [Vídeo de internet]. Youtube. 2021. [Consultado en Enero 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46USufT>
44. Tim Peake. Ask an Astronaut 2017. Century, Random House.
45. NASA. Medicina aeroespacial: los desafíos médicos que se esperan en una misión humana en Marte 2021. [Sitio internet]. [Consultado en Septiembre 20 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3Q4YJHc>
46. Sheehy. Líquido, rehidratación, electrolitos , y acceso vascular. En: Kuiper, Betty, Sheehy. Enfermería de Urgencias (20). Páginas 193-204
47. Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, Annane D, et al. Guía de práctica clínica sobre el diagnóstico y tratamiento de la hiponatremia. Rev Nefro [Internet] 2017 [Consultado en Febrero 7 2023]; 37(4): 357-460. DOI: [10.1016/j.nefro.2017.03.021](https://doi.org/10.1016/j.nefro.2017.03.021)
48. Jameson. Fauchi. Kasper. Hauser. Longo. Loscalzo. Harrison Principio de Medicina Interna. 20ª ed. Trastorno hidroelectrolíticos.
49. Serena M, James M, Stephan M, Ashot S. Venous Thrombosis during Spaceflight. N Engl J Med [Internet] 2020 [Consultado en Septiembre 15 2023]; 382:89-90 <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc1905875>
50. Delp M, Charvat J, Limoli C, Globus R, Ghosh P. Los astronautas lunares del Apolo muestran una mayor mortalidad por enfermedades cardiovasculares: posibles efectos de la radiación del espacio profundo en el endotelio vascular. Rep Sci [Internet] 2016 [Consultado en Agosto 19 2023]; 6: 11. <https://doi.org/10.1038/srep29901>
51. Norsk P, Asmar A, Damgaard M, Christensen N. Fluid shifts, vasodilatation and ambulatory blood pressure reduction during long duration spaceflight. J Physiol. [Internet] 2015 [Consultado en Octubre 12 2023]; 593(3): 573-84. DOI: [10.1113/jphysiol.2014.284869](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.284869)

52. Smith C. Reconocer la hidrocefalia normotensiva en adultos mayores. Elsevier [Internet] 2018 [Consultado en Octubre 7 2023]; 35(3): 20-24. DOI: [10.1016/j.nursi.2018.05.008](https://doi.org/10.1016/j.nursi.2018.05.008)
53. Mayo Clinic. Convulsión del lóbulo temporal. 2023 [Sitio de internet]. [Consultado en Octubre 11 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3FjqoyR>
54. Horacio Jinnich, Alberto Lifshitz, Jose Alberto, Manuel Ramiro. Signos y síntomas cardinales de las enfermedades. 6ª edición Manual Moderno 2013.
55. Asenjo C, Pinto R. Características anatómo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. Rev Med Clin [Internet] 2017 [Consultado en Octubre 12 2023]; 28(1): 7-19. Disponible en: <https://bit.ly/3ZV6q76>
56. Mc. Graw Hill. Procedimientos relacionados con las necesidades de movimiento y actividad física. Sistema músculo esquelético muscular. s/f [Sitio de internet] [Consultado en Septiembre 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3Q5dc5Y>
57. Argos. Revista de ciencia y tecnología. La actina y miosina s/f [Sitio internet] [Consultado en Septiembre 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3Qj41jB>
58. Carrillo R, Díaz J, Peña C, Flores O, Ortiz A , Cortés O, et al. Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad. Rev Fac Med [Internet] 2015 [Consultado en Septiembre 27 2023]; 58(3): 13-24. Disponible en: <https://bit.ly/3LXlpq7>
59. NIH. Vitamina D 2022. [Sitio en internet]. [Consultado en Octubre 2 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3tzPHdy>
60. Martinez S. Role of vitamin D in neurological diseases. Sanum. [Internet] 2020 [Consultado en Octubre 10 2023]; 4(1): 6 - 14. Disponible en: <https://bit.ly/3M2tU4z>
61. Nicklas Brendborg. La medusa inmortal 2021.
62. Gobierno de México. Radiación cósmica de fondo y radiación cósmica 2023. [Sitio de internet]. [Consultado en Octubre 11 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3tzVPmd>
63. OMS. Preguntas más frecuentes s/f [Sitio internet] [Consultado en Septiembre 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3PYneWh>

64. EUREKA. Sistemas de reciclado en la ISS. 2009 [Sitio de internet]. [Consultado en Septiembre 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46u9jy5>
65. Gomar J, Soriano J, Bilbao L. La alimentación en los viajes espaciales tripulados: desde el Programa Gemini hasta la ISS/Shuttle. Rev Esp Nutr Hum Diet. [Internet] 2015 [Consultado en Octubre 3 2023]; 19(2): 116-123. Disponible en: <https://bit.ly/46QX5j6>
66. NASA. Human Adaptation to Spaceflight: the role of nutrition. National Aeronautics and Space Administration 2015. [CONSULTADO EN SEPTIEMBRE 29 2023]. Disponible en:
67. Computer Hoy. La taza antigravedad de la NASA que permite a los astronautas beber en el espacio 2023 [Sitio de internet]. [Consultado en Septiembre 29 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3QgstCa>
68. Campuzano G, Arbeláez M. El Uroanálisis: Un gran aliado del médico. Rev Uro Colom [Internet]. 2007 [Consultado en Septiembre 29 2023]; 16(1): 67-92. Disponible en: <https://bit.ly/3Sinv9x>
69. Youtube
70. AgilityAstro. Adapted Astro-circuit agility.[sitio internet]. [consultado en Octubre 16 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46Sq8ms>
71. ENEO. En la cultura física y el deporte s/f [Sitio de internet]. [Consultado en Octubre 7 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3tzWsvW>
72. Spivey A. Contaminación lumínica La luz nocturna y el cáncer de mama en el mundo Rev Sal Amb [Internet] 2011 [Consultado en Octubre 11 2023]; 53(2): 187-188. Disponible en: <https://bit.ly/3rLqBLE>
73. Química general. Teoría Cuántica/ Espectro Electromagnético. [video de youtube]. Youtube. 2018. [consultado en Octubre 10 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46Trz3P>
74. Audrey Berman; Shirlee J. Snyder; Barbara Kozier; Glenora Erb. Fundamentos de Enfermería. Vol.2. 2008.

75. ELSEVIER. Llega la próxima gran revolución en Enfermería: realizar cirugías menores 2017 [Sitio de internet]. [Consultado en Octubre 11 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/46L6fxi>