



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ENFERMERÍA Y OBSTETRICIA**

**ENFERMERIA ESPACIAL, CUIDADOS AL ASTRONAUTA:
OXIGENACIÓN, MOVIMIENTO, VESTIDO,
TERMORREGULACIÓN, ENTORNO, COMUNICACIÓN,
RECREACIÓN, VALORES Y CREENCIAS.**

TESINA

QUE PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ENFERMERÍA

PRESENTA:

RODRIGO GÓMEZ AYALA

No Cuenta
310051644

ASESORÍA:

MTRA. TERESA SÁNCHEZ ESTRADA

MTRA. GUADALUPE LEYVA RUIZ

MTRA. BERTHA CAMACHO VILICAÑA

CDMX 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimiento especial a la Universidad Nacional Autónoma de México por ser cuna de estudiantes, casa de científicos y madre de la ciencia mexicana, a la Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia por haberse expandido a mi curiosidad intelectual y haber sido la institución que impulso mi trayectoria académica.

Quiero extender un agradecimiento sincero a la Maestra Guadalupe Leyva por haber comprendido, apoyado y compartido mi particular visión sobre la Enfermería, a la Maestra Teresa Sánchez por haber sido una gran guía durante mi ciclo estudiantil, al Maestro Mario Cuna por haberme brindado de confianza y competencia clínica, y a Carmen Núñez, la mujer que escucho cada una de mis ideas, me cuidó e impulso durante la carrera, mi abuela.

Este trabajo está dedicado a todos los jóvenes estudiantes de Enfermería colegas míos, con la intención de propagar una visión inspiradora para la ciencia de los cuidados, invitarlos a construir el futuro científico de nuestra ciencia y divulgar la magnitud sobre la relevancia de los cuidados en la Tierra y en el espacio.

Contenido

Introducción	5
I. Contextualización	7
Objetivos de la tesina	11
Generales:.....	11
Específicos:.....	11
Metodología	12
II. Capítulo I: Espacio sin límites.	14
1. Introducción.....	14
2. Breve historia de la Medicina Espacial	15
III. Capítulo II: Fisiopatologías sistémicas inherentes al entorno espacial.	18
1. Contexto.....	18
2. Neurológico y vestibular	19
3. Cardiovascular	20
4. Inmunológicos	23
5. Óseo	24
6. Muscular.....	26
7. Digestivo	29
8. Efectos Psicológicos.....	30
9. Renal.....	33
10. Hematopoyético	35
11. Líquidos y electrolitos.....	36
IV. Capítulo III: Enfermería Espacial	38
1. Proceso enfermero y el cuidado del astronauta.....	38
2. Cuidados y habilidades clínicas.....	39
i. Afección clase I:.....	40
ii. Afección clase II:.....	40
iii. Afección clase III:.....	40
3. Pertinencia del modelo de las 14 necesidades básicas de Virginia Henderson en el proceso de cuidado al astronauta.....	41
i. Previo al viaje espacial.....	42
ii. A bordo de la nave espacial.....	42
iii. Regreso a la Tierra.	42
V. Sistema de oxigenación y astronautas.	44
1. Necesidad de oxigenación.....	44

2.	Ventilación y hematosis.....	47
3.	Cuidados de Enfermería en la necesidad de oxigenación.	49
i.	Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.	50
ii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.	52
iii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.	54
VI.	Movimiento y postura en entorno de microgravedad.	57
1.	Necesidad de movimiento y postura.....	57
2.	Cuidados de enfermería en la necesidad de movimiento y postura	59
i.	Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.	59
ii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.	62
iii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.	65
VII.	Trajes Espaciales.	68
1.	Necesidad de vestirse y desvestirse.....	68
2.	Traje de actividad intravehicular	69
3.	Traje de actividad extravehicular.	70
i.	Casco espacial.....	71
ii.	Torso superior rígido.....	71
iii.	Brazos.	72
iv.	Guantes.....	72
v.	Torso inferior.....	73
vi.	Sistema portable de Soporte de vida.....	73
vii.	Ropa interior.....	74
VIII.	Termorregulación en el astronauta.	75
1.	Necesidad de termorregulación.....	75
IX.	Evitar riesgos en la misión espacial.	79
1.	Necesidad de evitar peligros.	79
X.	Comunicación interestelar.	87
1.	Necesidad de comunicación.....	87
i.	Previo al viaje espacial.....	90
ii.	Durante el viaje espacial	91
iii.	Al regreso a la Tierra.	92
2.	Comunicaciones y transportes extraterrestres.....	92
XI.	Cosmovisión y experiencia espacial.	95
1.	Necesidad de vivir conforme a valores y creencias.	95
XII.	Recreación y estancia espacial.	100
1.	Necesidad de recreación.....	100

Conclusiones.....	105
Anexos.....	110

Introducción

La presente tesina consta de doce capítulos que abordan de manera general diferentes tópicos relacionados con la Enfermería y el astronauta en el espacio, subdivididos en apartados que profundizan en particularidades derivadas de la concepción teórica del capítulo al que pertenecen, una conclusión final y anexos con imágenes que ilustran los escenarios descritos en la tesina.

A manera de introducción describiré cada uno de los capítulos a continuación:

I. Contextualización.

En este capítulo conoceremos la relevancia histórica sobre la implementación de nuevas teorías que coadyuven a la construcción del paso del hombre de la Tierra al espacio y más allá, comprenderemos la perspectiva teórica de los científicos en astronáutica y ciencias a fin, para así poder aterrizar este constructo a la Enfermería.

II. Espacio sin límites.

Este capítulo es complementario al tomo paralelo y en especial aborda una reconstrucción de sucesos históricos para dar origen a la Medicina espacial, señala quienes han sido los científicos más representativos de dicha área y como esta participación se adhiere al marco de desarrollo argumentativo de la tesina.

III. Fisiopatologías sistémicas inherentes al entorno espacial.

Este capítulo busca documentar al lector sobre las repercusiones orgánicas del entorno espacial, investigadas por los diferentes programas espaciales y brindar la plataforma médica de actuación y contextualización en temas como neurología, somatología, cardiología, nefrología e inmunología espacial, entre otros.

IV. Enfermería Espacial.

En este capítulo se argumenta la pertinencia de la implementación de conceptos propios de la Enfermería en los cuidados espaciales relacionados con la medicina espacial, además se rescata la clasificación de afecciones espaciales y otros conceptos usados en la estructura de la tesina.

V. Sistema de oxigenación y astronautas.

Este capítulo aborda las condiciones espaciales relacionadas con la hematosis y ventilación del astronauta, en las cabinas de la estación espacial internacional, los trasbordadores espaciales y la actividad extravehicular, además señala el proceso de actuación metodológica para la atención a dicha necesidad.

VI. Movimiento y postura en microgravedad

Este capítulo describe los principales retos de la ingravidez y como se relaciona con los cuidados particulares a esta necesidad en el espacio, propone niveles de actuación en la

atención a los astronautas y remarca las recomendaciones de contramedida de las agencias espaciales que involucran a sus astronautas en misión.

VII. Trajes espaciales.

En este capítulo conoceremos cada uno de los trajes espaciales, tanto el traje de actividad extravehicular como el traje de actividad intravehicular, las partes que lo componen y sus particulares funciones. Conoceremos el argumento de interacción e interrelación con el cuidado de diversas necesidades en el espacio a través de la tecnología de vestido en el espacio.

VIII. Termorregulación en el espacio exterior.

En este capítulo se describe uno de los más grandes retos fuera de la atmósfera terrestre y cuáles son los recursos de tecnología en ingeniería de los cuales la enfermería puede echar mano para la atención y cuidado a esta necesidad, además rescata elementos esenciales de termodinámica a considerar por los profesionales en las misiones espaciales.

IX. Evitar riesgos y cuidado del entorno espacial.

En este capítulo profundizaremos sobre el hostil entorno que resulta el espacio para la vida, reconoceremos los riesgos espaciales que rodean al astronauta desde la radiación ionizante hasta la estructura de las naves, de la misma forma comprenderemos la interrelación con las diferentes necesidades que emanan de esta.

X. Comunicación interestelar.

En este capítulo recordaremos cuales han sido los esfuerzos de la humanidad por establecer comunicación con el espacio exterior, cuales son los nuevos retos en comunicación y transporte en el viaje a Marte y que nivel de implicación conlleva esta necesidad para las futuras sociedades.

XI. Cosmovisión y experiencia espacial.

En este capítulo entenderemos cual es la creencia histórica humana sobre los astros que le rodean y como se relacionan con ellos, particularmente la cultura prehispánica mexicana. Conoceremos algunos indicios sobre creencias en los astronautas contemporáneos, de la misma forma podremos analizar los valores descritos por la NASA que rigen a los astronautas en las misiones espaciales.

XII. Recreación y estancia espacial.

En este último capítulo podremos ver cuáles son las prácticas de recreación más habituales prescritas para los astronautas durante su larga estancia espacial, comprenderemos cuan relevante es esta necesidad para el ser humano y como cuidar de ella.

I. Contextualización

La característica central de todo ser humano es la capacidad de pensar y esto lo diferencia de otros seres. Dicha singularidad es el acto de razonar, reflexionar y llegar al conocimiento. El conocimiento es la facultad del ser humano para comprender la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas por medio de la inteligencia. A través de esta comprensión del entorno, se llega al saber, haciendo una distinción evolutiva como *homo sapiens*, del latín “hombre sabio”. La necesidad del ser humano por el saber, lo ha acompañado durante toda su vida y es el eje central de su evolución.

La inquietud de saber es impulsada por la curiosidad natural en el hombre, de esta manera, podríamos definirla como el deseo de entender y conocer. Pascal decía “Una de las principales enfermedades del hombre es su inquieta curiosidad por conocer lo que no puede llegar a saber.” La curiosidad del individuo se asocia a la inquietud de comprender y a la necesidad de constituirse con el medio, es decir, del crecimiento.

A través de la curiosidad es como el ser pensante intenta revelar y comprender el entorno donde vivimos. El ser humano, por naturaleza, se interesa por el descubrimiento de nuevas tecnologías y territorios, mismos que le llevan a la exposición de cambios ambientales. Estas modificaciones a las que se ve sometido en su impulso de exploración le llevan a un significativo proceso de adaptación que se traduce paulatinamente en una configuración genética y concluye con la evolución de la especie. La evolución está sujeta al medio en el que se desarrolla el ser, ejemplo de esto es el *homo habilis* y su destacada adaptación al medio con el uso de herramientas, posibilitado por el desarrollo del pulgar oponible, otro ejemplo es el *homo- erectus*, quien se diferenció del resto de *homos* por dejar de ser cuadrúpedo, desplazándose en bipedestación y dando lugar al desarrollo de cambios anatómicos y fisiológicos del sistema osteomioarticular que le permitían desplazarse durante largos viajes en la Tierra. Así es como la evolución ha estructurado de modificaciones al hombre de la actualidad, esta habituación ha dado lugar al ser con características que le permiten comunicarse, relacionarse, desplazarse, y pensar.

Más adelante, en la cronología de la historia moderna, a partir de la implementación de nuevas técnicas de producción, se llevaron a cabo distintos avances tecnológicos que estratifican las posibilidades del desplazamiento, y por lo tanto de generar nuevo conocimiento, lo que creó nuevos métodos de transporte; marítimo: conociéndose los primeros barcos a la par de diversas enfermedades, tales como el escorbuto, las enfermedades descompresivas en buzos, la desorientación de espacio- tiempo, mareo, vértigo, etc., terrestres: como el primer vehículo autopropulsado por vapor creado en 1771 donde se pudieron observar distintos factores, tales como, vibración, ruido, fuerzas de aceleración aplicadas al cuerpo humano, entre otros., y de aviación: impulsado por primera vez por los hermanos Wright en el año de 1903 con el “Flyer1”, donde se comienzan a observar los cambios fisiológicos a partir de cambios de

presión atmosférica dada la elevación de las aeronaves. Indirecta y causalmente a través de la investigación y progreso en aviación, se estableció un estrecho lazo con el estudio de la Medicina Aeroespacial.

Una vez que el hombre logró el primer acercamiento a la aeronavegación, se realizaron múltiples aproximaciones al espacio extraterrestre. Esto se pudo conseguir mediante la puesta en órbita de distintos satélites artificiales durante los años 1957-1969. A partir de ese momento la incógnita no era ¿Qué había en el espacio exterior? sino ¿podría el hombre salir de la órbita terrestre? ¿Sobrevivir en este ambiente externo? y ¿cuáles serían sus cambios fisiológicos?

La acción de volar tiene la capacidad de exponer al ser humano a diversos factores estresantes que superan la capacidad de adaptación. La disminución del oxígeno disponible o la disminución de la presión barométrica, junto con las bajas temperaturas y la acción de las fuerzas de aceleración sobre los sistemas de equilibrio, son sólo algunos de dichos factores estresantes. Esto se pudo observar cuando el hombre consiguió la exploración espacial, el miércoles 12 de abril de 1961 cuando el cosmonauta *Yuri Gagarin* logró ser el primer humano en viajar al espacio exterior, en la *Vostok 1* que circunvaló el planeta Tierra durante una órbita. Otro ejemplo de los cambios y adaptaciones fisiológicas durante el periodo de microgravedad (o gravedad cero) se pudo constatar el 20 de Julio de 1969 durante la misión estadounidense "*Apollo XI*" la cual consiguió alunizar por primera vez en la historia de la humanidad. Esto supuso uno de los más grandes avances en la tecnología aeroespacial y lógicamente en el estudio de los cambios de salud; fisiológicos y anatómicos, de los cosmonautas.

Los retos que ofrecen las tecnologías de viaje es lo que ha motivado al hombre al desarrollo de métodos de investigación que buscan comprender y tratar la adaptabilidad del hombre a los diferentes territorios a medida de su exploración. En el siglo XXI la exploración estará centrada en el espacio interestelar y su cohabitación, motivando así al ser humano al estudio de las ciencias de la salud en el espacio. Debido a esto es como hoy en día se han logrado grandes avances en el estudio de las alteraciones humanas; antes, durante y después de la exposición a microgravedad. De esta manera proponemos que dichos trastornos sean explorados mediante el sustento médico espacial con el desarrollo de la visión a los cuidados a la salud abordados desde la perspectiva de enfermería, misma que proporciona un campo de asistencia más amplio y complementando holísticamente la atención sanitaria en los cosmonautas.

La investigación de los cuidados médicos en materia de enfermería ha evolucionado desde los avances en investigación de enfermería en Estados Unidos en conjunto con el esfuerzo para llevar a cabo la instauración en 1962 del "*Programa de Enfermería Espacial*" de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), fue como en 1991 se fundó la "*Sociedad de Enfermería Espacial*" por la Dra. Linda Plush con la

ayuda de la Dra. Martha Rogers. El principal objetivo de dicha sociedad fue encaminado a la búsqueda de estrategias de cuidado en astronautas, con un enfoque inicial basado en el modelo teórico del "*Ser unitario*", y que actualmente tiende al lado de la "Medicina Espacial"

Desde la primera misión espacial de vuelo tripulado humano, "*Vostok 1*" en 1961, surgió la intención de las agencias espaciales de todos los países por analizar y estudiar la adaptación fisiológica del ser humano en el ámbito espacial, muestra de este interés científico de grado médico es la creación en 1949 por El Dr. Armstrong, en Estados Unidos, del primer departamento de Medicina Espacial. En el que participó el Dr. Strughold que posteriormente sería considerado el "*padre*" de esta rama de la Medicina.¹

La Medicina Espacial, tiene así el enfoque de estudio en los cuidados médicos y la fisiología de adaptación en el entorno espacial, puesto que los problemas de salud relacionados con el viaje aeroespacial afectan integralmente al ser humano, desde la descalcificación ósea hasta el sistema cardiovascular, en aquellos viajes que implican fuerzas de aceleración, presión o ingravidez. Dichos problemas están relacionados con las, cada vez más constantes, misiones espaciales, que implican retos para la anatomía humana y que desde las agencias espaciales internacionales se han buscado soluciones en la investigación fisiológica debido a las condiciones extremas a las que se ven sometidos los astronautas; esto se ve reflejado en la creación de la estación espacial MIR, Estación Espacial Internacional (*ISS* por sus siglas en inglés) y la estación espacial Skylab, centradas, entre otras cosas, al estudio biomédico espacial.

Las líneas que inciden sobre el desarrollo en materia de enfermería espacial están relacionadas con los ejes teóricos de estudio de la salud por los científicos representantes de estas ramas, por un lado el Dr. Strughold en Estados Unidos, con el análisis de aceleración sobre el cuerpo humano y por otro su colega el Dr. Ramiro Iglesias Leal, cardiólogo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quien es considerado el padre de la Medicina espacial en México, por su contribución con la tele electrocardiografía, y la atención al cuidado cardiovascular del astronauta Anders, que tripulaba la nave "*Apolo 8*" en 1968. Siendo este el inicio de la investigación médica espacial en México y los horizontes trazados por la ciencia en materia de medicina del futuro.²

¹ Pérez J. *Medicina Espacial. Perspectiva histórica*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/14.-Medicina-espacial.pdf>

² Carrillo R. (2015) *Medicina espacial: Los inicios y el estado actual en México*. *Cirugía y Cirujanos*. 2015;83(3):181--182, <http://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-cirujanos-139-articulo-medicina-espacial-los-inicios-el-S0009741115001668>

El impacto social de los actuales viajes espaciales y las perspectivas de viaje interestelar e interplanetario como la reciente misión a Marte, han abierto un campo de estudio para todas las ciencias, entre las que se incluyen biología, química, física, astronomía, ingeniería y medicina primordialmente. Dado que las ciencias espaciales como física o química estudian el ámbito espacial y la ingeniería y la robótica los accesorios espaciales, es deber de la medicina y la enfermería incursionar en el campo de la ciencia enfocada en el ser humano y su salud; de aquí el interés científico de postular una tesis que busque encontrar la correlación de los modelos clínicos de atención especializada en materia de enfermería, con el ámbito de investigación ya realizado por los organismos internacionales dedicados a la medicina espacial y los laboratorios de fisiología espacial, como lo es la centrífuga humana de la NASA.

Es así que en el 2016 el impacto de la investigación espacial ha sido retomado como un tema eje para los gobiernos del mundo, no solo la NASA en Estados Unidos también la agencia espacial europea (ESA por sus siglas en inglés), 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. Incentivando a los científicos a ahondar en este sentido, dada esta relación, la intención de la aportación clínica en materia de atención y entendimiento de los cuidados a la salud en el espacio. A partir de esto la incursión de enfermería espacial, para buscar dicha correlación teórica en la atención e implementación de planes de cuidado en astronautas previos al viaje espacial, durante la estancia en el cosmos y de adaptación gravitacional posteriores.

Ante todo, esto y con la visión salubre que hay sobre los horizontes cósmicos, es que este libro integra campos de la ciencia como es Medicina Espacial, Aeronáutica, y Fisiología espacial entre otros, para servir al enfoque y entendimiento de la propuesta de instauración en "*Enfermería Espacial*" y su concepción a través del modelo teórico de Virginia Henderson que contempla catorce necesidades biológicas, sociales y espirituales. Con el fin de entender de una manera holística al astronauta en los viajes espaciales. Siendo este solo uno de los nuevos escenarios que todas las ciencias, pero en especial la Enfermería debe atender, si pretende evolucionar a la modernidad y mantenerse a la vanguardia de acción con una visión prospectiva y una misión clara, en un contexto social, cultural, político y económico sobre los que influye en los distintos campos científicos de interés nacional e internacional.

Objetivos de la tesina

Generales:

1. Construir el argumento teórico sobre el cuidado enfermero en la persona: el astronauta.
2. Implementar el proceso de atención de enfermería a la persona previo, durante y después de las condiciones espaciales.
3. Generar en corto plazo un libro sobre “Enfermería Espacial” auspiciado por las instancias y autores involucrados.
4. Inspirar a la enfermería sobre las posibilidades de su ampliación en su campo de influencia, fomentando la divulgación científica desde la multidisciplinas.

Específicos:

1. Identificar las necesidades básicas de la persona sometida a condiciones de microgravedad.
2. Establecer el método de valoración a las necesidades básicas de la persona en condición de microgravedad
3. Construir los diagnósticos enfermeros sobre afecciones derivadas de la exposición al espacio exterior.
4. Proponer las intervenciones de enfermería para el cuidado de las necesidades básicas humanas en astronautas y viajeros espaciales.

Metodología.

Este documento resume una propuesta que subsume el estado del conocimiento, sobre astronomía y su aplicación al campo de enfermería de manera que es una plataforma teórica- metodológica sobre cuidados en el espacio, que identifica las bases fisiopatológicas, la valoración, la estructuración de diagnósticos reales y potenciales y las intervenciones pertinentes, y, por lo tanto, sirve de guía para un proceso de enfermería, desde una nueva perspectiva.

Es necesario comentar que esta tesina forma parte de un segundo volumen que en conjunto dará origen a un libro denominado “Enfermería Espacial”. El documento está estructurado según lineamientos de la teoría de necesidades básicas de Virginia Henderson, una vez analizadas las propuestas posibles en el marco epistemológico del cuidado enfermero.

Se escoge la teoría de las necesidades básicas por su pertinencia y congruencia con la evidencia clínica de los efectos fisiológicos sobre el organismo expuesto a condiciones previas, durante y posteriores a la microgravedad.

Para la construcción de esta tesina se hizo una revisión exhaustiva de la literatura nacional e internacional existente sobre el tópico. de igual manera se consultaron expertos en materia de medicina espacial con el fin de direccionar el enfoque de la búsqueda documental y el soporte a la temática, se considera que el aporte sustantivo de este documento es haber logrado correlacionar una teoría de enfermería ampliamente conocida y clínicamente práctica como lo es la teoría de las necesidades básicas de Virginia Henderson; misma que permite comprender de una manera clara lo que implica el cuidado a la persona en el espacio exterior, tomando en cuenta que este tópico es completamente innovador y prospectivo, ya que no existe literatura en el mundo relacionada con este nuevo campo científico.

Como experiencias particulares y que influenciaron este trabajo, se asistió al congreso de Medicina Espacial que se celebró en Guadalajara en el año 2016 donde se recogieron las diversas perspectivas y enseñanzas de los expertos de esta materia, donde destaca el Dr. Ramiro Iglesias Leal, considerado el padre de la Medicina espacial en México, investigadores médicos de la Sociedad Mexicana de Medicina Espacial e investigadores de la Agencia Espacial Mexicana y la NASA.

En el plano internacional se asistió al “67th International Astronautical Congress” donde se recogió las enseñanzas de múltiples científicos internacionales en ingeniería, biología, física, del cosmos. En este contexto se pudo dimensionar la importancia y pertinencia de la participación, real y potencial, de enfermería en el cuidado antes, durante y después de los viajes espaciales.

Desde la Agencia Espacial Mexicana, en un enlace especial con una experta en la nasa, se pudo rescatar información sobre trajes espaciales y medidas de protección al organismo por ejemplo radiación.

Cabe resaltar que las fuentes y referencias principales han sido traducidas del idioma inglés sobre el estado del conocimiento en medicina espacial, investigado por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en sus centros de investigación suborbitales como la estación espacial internacional (EEI) y terrestres (Johnson Space Center, AMES research Center, Goddard Space flight Center, Kennedy Space Center, entre otros) específicamente en sus programas de investigación humana enfocados en el análisis orgánico de las condiciones espaciales.

Para el enfoque teórico metodológico enfermero, se parte de las necesidades básicas aterrizadas mediante el método enfermero expresando la valoración, diagnóstico, intervención, ejecución y evaluación, para cualquiera de las tres fases previo al viaje espacial, a bordo de la nave espacial, y al regreso a la Tierra. Como ya se dijo, la construcción teórica y metodológica es un aporte científico a la enfermería ya que no existe literatura relacionada, es decir, se propicia el origen de la Enfermería Espacial.

Finalmente se incluye una conclusión global sobre los tópicos abordados acompañándose de los anexos pertinentes.

II. Capítulo I: Espacio sin límites.

El espacio profundo y la concepción interestelar de los viajes abre una gran incógnita para el abordaje de las ciencias, por eso es necesario comprender las dimensiones del contexto espacial y cómo el hombre a través del tiempo se ha involucrado en los viajes en microgravedad. Es por esto que se realizará una interesante revisión a las tendencias de exploración extraterrestre sobre la luna y otros planetas.

Como precursor de la Enfermería espacial, conoceremos la historia detrás del desarrollo moderno de la Medicina espacial, el papel de los médicos alemanes en el desarrollo de la medicina espacial y el acercamiento de los científicos mexicanos a la Medicina en ambientes de microgravedad. El papel clave de la investigación mexicana como vía de desarrollo de las ciencias espaciales a través de las ciencias, promovido por la Agencia Espacial Mexicana. Finalmente expondremos las condiciones del entorno espacial, con el fin de ilustrar al lector sobre la composición atmosférica en torno a las variables como temperatura y presión, también conoceremos las capas que constituyen la atmósfera terrestre, cuál es su función, características químicas y físicas para la aeronavegación.

1. Introducción.

El hecho científico más relevante en el siglo XX podría ser el lanzamiento del ser humano a la conquista del espacio, no obstante, este suceso ha sido impulsado por avances científicos muy trascendentales, tales como; Los antibióticos, la teoría de la relatividad general, el descubrimiento del genoma humano, el descubrimiento de la expansión del universo y la mecánica cuántica. Aun a pesar de estos descubrimientos, que incluso han sido ganadores de premio Nobel, el atractivo de la exploración de lo desconocido y la aventura de viajes espaciales serán consideradas como el mayor de todos los avances. Ejemplo de esto, es el reconocimiento científico que otorgó la Asociación Internacional para la Mujer del Año, establecida en 1955, decidiendo como vencedora, tras largas deliberaciones para “Mujer del siglo” a Valentina Tereshkova, La primera mujer en salir al espacio.³

Es entonces que en el siglo XXI la ciencia se enfoca más allá de la exploración próxima del espacio profundo, en un esfuerzo por lograr el entendimiento de las condiciones del espacio y la atmósfera para generar conocimiento que otorgue la posibilidad de desarrollar sistemas que contiendan con la compatibilidad fisiológica humana en el espacio.

³ Herrera, M. (2016). *LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO. ¿Como ves? UNAM*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/38/exploracion-espacial.pdf> pp. 2-5

El Espacio es comprendido por la ciencia como uno de los mayores logros y retos para la humanidad, donde se establece, una cada vez más clara, interacción del hombre con los viajes espaciales, los retos que representa para su salud y las condiciones de adaptación diferentes a la atmósfera terrestre.

2. Breve historia de la Medicina Espacial

La historia de la Medicina Espacial tiene su origen de estudio en la Medicina Aeronáutica, que a su vez está estrechamente ligada al nacimiento y desarrollo de la aviación, significa que el desarrollo logrado en materia de medicina está íntimamente relacionado al desarrollo en ingeniería aeronáutica y tecnológica.

Dado que el campo de estudio referente a ingeniería, física o matemáticas no compromete la salud de los seres humanos, es que la Medicina Espacial ha desarrollado los mayores avances en soporte vital y fisiología humana en el espacio. Dicho progreso de la Medicina Aeroespacial es debido a la mejora progresiva de las máquinas que iban excediendo poco a poco los límites humanos.

La Medicina clásica tiene la mirada en comprender la fisiopatología y semiología en el medio terrestre, por contrapunto, con la transición histórica y la exposición del ser humano a otro ambiente, como lo es el ambiente espacial y la microgravedad, la Medicina Espacial se ha enfocado en estudiar la adaptación del hombre al medio ambiente anómalo, puesto que el fenómeno del viaje espacial tiene el adverso efecto de exponer al ser humano a factores altamente estresantes que superan la adaptabilidad. La disminución del oxígeno disponible, o la disminución de la presión barométrica, junto con las bajas temperaturas y la acción de las fuerzas de aceleración sobre los sistemas de equilibrio, son sólo algunos de los factores estresantes a los que este campo ha tenido que ir dando respuestas. La capacidad de ir combinando aspectos fisiológicos, con los fisiopatológicos en relación con el medio ambiente aéreo y espacial es la peculiaridad representativa del desarrollo de la Medicina Espacial.

Los “padres de la Medicina Aeroespacial” fueron científicos que trabajaron en el campo de la fisiología experimental, comprendiendo los efectos sobre la salud que tenían los entornos de gran altitud. En 1590, el padre español Acosta fue el primero en sospechar que los síntomas que él mismo experimentó al atravesar los Andes Centrales del Perú tenían su etiología en la rarefacción del aire. Diferenció muy bien entre los efectos del frío y los efectos de la altura. Su descripción del mal de la altura le hace merecedor de ser uno de los precursores de la Medicina Aeroespacial.

Pero fue hasta que los ingleses Glaisher y Coxwell, documentaron una descripción semiológica de su experiencia tras haber ascendido hasta los 9450 metros de altura, donde el médico fisiólogo Paul Bert pudo concluir los efectos barométricos sobre el

cuerpo humano y contemplarlo en su trabajo sobre efectos de presión barométrica. Considerado por muchos como el padre de la Medicina Aeronáutica y por todos como el padre de la Fisiología de la Altitud.⁴ Publicó sus conclusiones en 1877 en su famoso libro: "La presión barométrica, investigación en fisiología experimental".⁵

En 1898, nace Hubertus Strughold fue un médico alemán en Westtuennen, médico y fisiólogo que dedico su vida a investigar, entre otras cosas, los cambios fisiológicos que presentaban los pilotos, lo que lo llevó a tener un gran reconocimiento en materia de Medicina Aeroespacial⁶ e incluso recibió la nominación por la NASA como miembro de honor, pues muchas contribuciones de le atribuye al Dr. Strunghold el término "Medicina espacial". Posteriormente durante el simposio "consideraciones fisiológicas sobre la posibilidad de vida extraterrestre" al que acudió a mediados del siglo XX, sin ningún registro de exploraciones hasta el momento expuso en público el acentuado grado de probabilidad que tiene el hombre para cohabitar el espacio. Cuestión que solo se vería demostrada hasta 1961 por los rusos.⁷

Durante su vida, desarrolló actividades de investigación sobre las condiciones y cambios en la fisiología del hombre, que se presentan en los vuelos extratmosférico. Con cientos de publicaciones en materia de medicina aeroespacial, el Dr.Strunghold podía afirmar que la conquista espacial era inminente, pero no fue hasta su publicación "¿Where does space begin?, functional concept of the boundaries between the atmosphere and space" que deja por sentado de manera científica está potencialidad humana. Por ello y más, el Dr. Strunghold fue considerado el padre de la Medicina Espacial, aún a pesar de su pasado relacionado con el régimen nacionalista alemán de Hitler.⁸ (Anexo 1)

El Dr. Strughold trabajó con múltiples científicos en este campo, pero quizá no haya nadie tan reconocible para la Medicina Espacial en México como el Dr. Ramiro Iglesias Leal, médico y cardiólogo mexicano que destacó por su interés en la Medicina Aeroespacial dedicando su actividad profesional, académica y producción científica alrededor de la Medicina Espacial. Mucho se puede reconocer por su gran trayectoria

⁴ Pérez J. *Historia de la medicina aeronáutica*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/Historia-Medicina-Aeron%C3%A1utica.pdf>

⁵ Bert p., *Barometric pressure: researches in experimental physiology*, Bethesda, MD: Undersea Medical Society; 1978

⁶ Armstrong HG, Haber H, Strughold H. *Aero medical problems of space travel*, panel meeting, School of Aviation Medicine. J Aviation Space Environ Med. 1949.

⁷ Carrillo R. (2015) *Medicina espacial: Los inicios y el estado actual en México*. *Cirugía y Cirujanos*. 2015;83(3):181--182, <http://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-cirujanos-139-articulo-medicina-espacial-los-inicios-el-S0009741115001668>

⁸ Strughold H, Haber H, Buettner K, Haber F. *Where does space begin? Functional concept of the boundaries between the atmosphere and space*. J Aviat Space Environ Med. 1951.

científica y médica, pero quizá el mayor reconocimiento en materia de medicina espacial sea el suscitado en 1968 donde tras su visita a la NASA logró recibir el primer electrocardiograma desde el "Apolo 8" del astronauta Anders.⁹

Tras este evento el Dr. Ramiro Iglesias Leal fue considerado un pionero en la Medicina espacial en México, actualmente es una figura icónica de esta ciencia y ha sido reconocido y premiado en diversas ocasiones por sus libros "La ruta hacia el hombre cósmico" y "Cardiología aeroespacial". Para los médicos relacionados con el campo y para todas las disciplinas relacionadas el trabajo del Dr. Iglesias representa una referencia de introducción con la que no se podría concebir el desarrollo de la Medicina Espacial, llevándolo a ser una figura central para diversas instituciones académicas y gubernamentales, como lo es la Agencia Espacial Mexicana, la Academia Mexicana de Cirugía y la Academia Nacional de Medicina de México, El IPN y la UNAM que han sido partícipes activos en la investigación y publicación internacional de Medicina Espacial. También han organizado eventos que conjuntan con gran éxito a los profesionales de medicina ya los interesados en ramas científicas afines entre las que destacan la astronomía, la astrobiología la geomedicina y por supuesto Enfermería.

Siguiendo esta corriente se fundó recientemente la «Sociedad Mexicana de Medicina del Espacio y Microgravedad», que en conjunto con las Instituciones ya mencionadas ha desarrollado el primer libro de "Medicina Espacial" y con gran vehemencia mantiene a la vanguardia en investigación a México.El Entorno espacial.

⁹ Carrillo R. *Op. Cit.*, pp. 181-182

III. Capítulo II: Fisiopatologías sistémicas inherentes al entorno espacial.

En este capítulo comprenderemos el grado de afección fisiológica en órganos y sistemas, durante el viaje espacial y bajo condiciones de microgravedad. Descrito a través de investigaciones de fisiología humana de la NASA y puntualizado en libros de medicina espacial.

Abordaremos el síndrome de desadaptación espacial y cómo repercute sobre el cerebro y los órganos otolitos, cuál es el mecanismo compensatorio a la redistribución de líquidos al corazón, que alteraciones hemodinámicas y pulmonares se suscitan, también revisaremos las condiciones y modificaciones leucocitarias en el espacio y cuáles son las contramedidas generales en relación al sistema inmunológico, exploraremos los principios de osteopenia y sarcopenia que les sucede a los astronautas en ingravidez y cuál es la microbiología del sistema óseo, muscular y articular.

Exploraremos los efectos deletéreos sobre el sistema digestivo y oftálmico, se describirá brevemente las alteraciones celulares producto de la radiación cósmica, además ahondaremos en el perfil psicológico del astronauta para ser considerado apto al vuelo, comprenderemos las bases de la fisiología renal y el aumento de filtración glomerular, de igual manera inspeccionaremos sobre las alteraciones hematológicas y el desarrollo de la anemia espacial.

1. Contexto.

Durante el vuelo espacial, y bajo las condiciones de microgravedad se produce un fenómeno trascendental para el organismo, puesto que cruza por un periodo de adaptación diferente a las condiciones gravitacionales en la tierra. Sobre todo, en la función cardiopulmonar, neurosensitiva, y musculo esquelética. Sin dejar de lado las repercusiones endocrinas, renales, respiratorias e inmunológicas. Y contemplando la exposición crónica a las condiciones espaciales, se añaden factores como la radiación, y riesgos aledaños que comprometen la salud del astronauta aún después de llegar a la tierra. (Anexo 2)

Los estudios más avanzados en materia de fisiología especial han sido llevados por misiones que apoyan el proyecto Apollo y el laboratorio Skylab, logrando obtener datos representativos para el análisis fisiológico en condiciones de adaptación que genera y caracteriza el vuelo espacial. Entre los datos más relevantes en investigación médica espacial durante el viaje, se rescata; El desplazamiento de los fluidos orgánicos en sentido cefálico, hipovolemia y redistribución de líquidos cuando un astronauta adopta para el despegue la posición de cubito, con piernas elevadas, la reducción de volumen total de agua corporal, alcalosis transitoria, aumento de la

secreción de Adrenalina y mineralocorticoides y exacerbación de la respuesta simpática incluyendo la activación del sistema Renina-Angiotensina. Como respuesta adaptativa en la aceleración y cinetosis del viaje espacial, para más tarde en el ambiente de ingravidez encontrar una adaptación orgánica diferente.

En este capítulo se abordarán los efectos fisiológicos de adaptación orgánicos y sistémicos durante el viaje al entorno espacial.

2. Neurológico y vestibular

La exposición orgánica al espacio tiene una relación directa con la redistribución de líquidos corporales, con una tendencia cefálica debido a la ingravidez, y por consiguiente estos efectos generan riesgos y repercusiones neurológicas, con datos semiológicos destacables:

Cefalea y jaqueca intensa, debido a los trastornos de perfusión cerebral. Vómitos y mareos debido al síndrome de desorientación espacial que solo al cabo de la variable tiempo de adaptación se soluciona el problema, en aproximadamente 15 días.

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.¹⁰

Los científicos espaciales han encontrado alguna evidencia tras ensayos clínicos de una de las más importantes repercusiones neurológicas prevalecientes a la estancia espacial, que puede afectar el desempeño cognitivo y en los neurotransmisores cerebrales de los astronautas. En la Universidad de Padua, Italia, los hallazgos encontrados sugieren que la microgravedad puede afectar la capacidad de aprendizaje como consecuencia de los vastos cambios psicológicos, hormonales y cardiovasculares típicamente observados en estas condiciones.¹¹

En relación al sistema vestibular y somatosensorial, en la actualidad se sabe gracias a los ensayos de investigación clínica de la NASA que, en el ambiente de ingravidez, la información aferente derivada de los órganos otolitos (sáculo y utrículo), se encuentra alterada como consecuencia del cese de señales. Traduciéndose en la imposibilidad del sujeto para interpretar las señales relacionadas con la dirección del

¹⁰ Carrillo, R. and Diaz, J. (2015). *Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153c.pdf>. p.16

¹¹ Ibid., p. 18.

cuerpo respecto al movimiento vertical, conllevando importantes procesos adaptativos para la actuación de los cosmonautas y su adaptación al entorno.

Afectando la coordinación, la postura corporal y el movimiento. También la información aferente sensorial afecta las condiciones mecánicas del cuerpo, llevando la disfunción vestibular a genera síntomas claros de cinetosis espacial que afectan entre un 40% a un 50% de los astronautas.¹²

Existe una clara diferenciación entre la semiología producida por la cinetosis terrestre y espacial, en la segunda se incluyen datos como letargia, anorexia, malestar general y la sensación de giro, con la particularidad de no acompañarse con un reflejo nauseoso previo. Apareciendo en los primeros minutos, tras producir el ingreso a la órbita y tendiendo a agravarse con los cambios de posición de cabeza o cuerpo.¹³

Se han establecido múltiples hipótesis científicas sobre la etiología de la cinetosis, entre las que destacan: la relación con el conflicto sensorial y la desarmonía de la aferencia recibida por los órganos otolitos y los canales visuales, así como la relación de la ingravidez, la redistribución de fluidos y su influencia sobre el órgano estatoacústico. Aunque no existe evidencia comprobable sobre una disfunción auditiva en astronautas tras haber regresado a la Tierra.¹⁴

3. Cardiovascular

Los primero efectos cardiovasculares en el viaje espacial son apreciables a partir de la postura inicial que les permitirá resistir la aceleración de la nave espacial para lograr escapar de la órbita gravitatoria del planeta, esto es en posición supino con las piernas levantadas y flexionadas, para más tarde experimentar la aceleración repentina de fuerzas G en la aceleración de la nave, hasta finalmente entrar en órbita, esto es a 28 000 km/hr, donde los objetos pierden la gravedad y se encuentran flotando.¹⁵

Probablemente el corazón, las venas y las arterias, que en conjunto son el sistema cardiovascular, sean los órganos más resistentes y adaptables en condiciones de microgravedad. Aunque sufre interesantes modificaciones anatómicas y fisiológicas y

¹² Pérez J. *Medicina Espacial. Perspectiva histórica*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/14.-Medicina-espacial.pdf>. p. 7

¹³ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.146-256. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/_d-havafaza/Documents/2011_Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf pp. 99-118

¹⁴ Ibid, pp. 99-118

¹⁵ Ibid p. 153

por ende repercusiones sobre todo el organismo. Dichas modificaciones dependen de mecanismos de adaptación sujetos a etapas o fases de vuelo, altura, presión etc.

Como ya lo hemos visto en el apartado anterior, también es concerniente a la adaptación cardiovascular la redistribución de fluidos en sentido cefálico, generando una sobrecarga cardíaca e incremento sustancial de la vascularización.¹⁶ (Anexo 3)

Entre las alteraciones al sistema cardiovascular se encuentran puntualmente efectos tales como:

Incremento considerable en las primeras 24 horas de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial diastólica, pues el estrés psicológico se impone a la misión, más adelante en su misión el astronauta presentara una reducción perceptible de la masa muscular cardíaca, donde el ventrículo izquierdo se encoge y disminuye. El ECG se ve modificado a causa del eje eléctrico desviado, disminución de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, aunque existen variables de astronauta a astronauta, pero ninguna de ellas tiene relevancia clínica. Con la exposición prolongada el corazón toma una forma ligeramente esférica que retoma su posición original tras el regreso a G1, la Tierra.¹⁷

En todos los viajes espaciales se ha registrado un aumento de la presión diastólica, recuperándose a través de las semanas. El volumen sistólico sufre un considerable incremento tras el primer día, para disminuir posteriormente. No existe evidencia significativa que señale lesiones o arritmias cardíacas importantes. En otra dirección la disminución plasmática en sangre se ha explicado por la mantenida presión cardiopulmonar compensada, es esta disminución el inicio de variados mecanismos compensatorios como la filtración transcápicular, el volumen incrementado intravascularmente y la reducción de poco menos de un quinto del volumen intersticial, provocando una intolerancia ortostática en los cosmonautas tras su regreso. Los efectos se pueden dividir en tempranos y tardíos para su análisis y debido a su adaptación.¹⁸

Añadido a todo ello el incremento de la presión intracraneal y la estimulación de los barorreceptores arteriales, también se ha descubierto una inversión de valores plasmáticos, aumentando la concentración de proteínas en 9% y reduciendo el volumen del plasma en 17% en las primeras horas de vuelo.¹⁹

¹⁶ Carrillo, R. Díaz, J. et al. (2016). *Medicina Espacial*. 1st ed. CD.MX: Intersistemas, Academia Nacional de Medicina pp. 140

¹⁷ Carrillo, R. and Diaz, J. Op. Cit., p.19

¹⁸ Gilles, C. Op. cit., p.155

¹⁹ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial*. 1st ed. México: LIMUSA, Cap XII p.159.

Algunos datos de experimentación en la estación Skylab, muestran registro de congestión cefálica bajo forma de edema facial, denominado rostro de “luna llena” (Anexo 4), congestión y engrosamiento de párpados, venas yugulares y de la sien, vasos del cuero cabelludo y la frente. Por contraparte se registra una reducción cuantificable del diámetro en diferentes partes de la pierna, como muslo y pantorrilla. Esta redistribución sanguínea continúa con una curva exponencial, alcanzando un máximo a las 24 horas y estabilizándose en el transcurso aproximado de 3 a 5 días, consecuentemente existe la probabilidad latente de sufrir un síncope espontáneo, junto con un aumento del tono vagal sostenido.²⁰²¹

Los estudios realizados post vuelo, no han generado evidencia científica compatible con el compromiso pulmonar, no obstante, se sabe que durante el vuelo hay una notable reducción de la capacidad vital pulmonar, probablemente derivado del nivel de presión en la cabina y el sentido de desplazamiento orgánico en sentido cefálico dentro del tórax, aunado a la condición propia de la microgravedad.

Los estudios de estos efectos hemodinámicos del cuerpo humano en el espacio son muy parecidos, o probablemente idénticos a los efectos vasculares de la exposición del organismo a estancias prolongadas en clinostatismo o flotando en el agua. Debido a esta razón, los estudios preliminares de la NASA en la tierra son resueltos experimentando en estas condiciones. La distribución de aproximadamente 800 ml de sangre desde la parte podal a la cefálica, se traduce en semiología vascular clínica como aumento de la precarga, incremento del gasto sistólico y por consiguiente del gasto cardiaco, aumento del flujo pulmonar, disminución de la resistencia vascular periférica, a su vez aumenta la diuresis significativamente entre las 4 a 8 horas, que es donde se encuentra su clímax, para después disminuir y junto con ella la disminución de Na y K durante las primeras 24 horas, sin síntomas de deshidratación.²²

A pesar de ser el sistema que mejor se comporta en la adaptación espacial, aún sigue siendo muy estudiado por la NASA en laboratorios como el de la *centrífuga humana*, debido a la importancia hemodinámica y su grado de influencia con otros órganos y sistemas. Es abordado también desde la electrocardiografía y en México con el Dr. Ramiro Iglesias Leal con la teleelectrocardiografía, y sus grandes aportaciones en materia de Cardiología aeroespacial

²⁰ Graybiel A. Earl F. et al (2013). *Biomedical results of skylab. 1st ed. Cap XI NASA*. Obtenido 12, 2016, de https://sda.jsc.nasa.gov/books/skylab/biomedical_result_of_skylab.pdf

²¹ Pérez J. *Op. Cit.*, p.9

²² Nicogossian AE, Parker JF (1982) *Space Physiology and Medicine*. Washington, DC: US Government Printing Office, NASA.

4. Inmunológicos

Durante los viajes espaciales los astronautas sufren diversos efectos inmunológicos que ponen en riesgo su vida y por ende la misión. Debido a la resistencia de los virus para sobrevivir en el entorno de la microgravedad, aunado al debilitamiento inmunológico y los cambios hematológicos es como aumenta la posibilidad de infección en astronautas. Informes de registros durante misiones espaciales, descritas de 1960 a 1970 concluyen que la mitad de los cosmonautas del Apollo fueron afectados por infecciones virales o bacterianas durante la misión espacial.

Las medidas preventivas como la esterilización de los alimentos también da lugar al sistema inmunológico debilitado. Las primeras pruebas hematológicas apuntan a la reducción de la actividad linfocitaria y alteración de anticuerpos; la producción de anticuerpos baja de forma considerable. Pruebas inmunológicas realizadas en astronautas que regresaban de la estación espacial Skylab, documentando la activación linfocítica mediada por mitógenos, que son factores que actúan en el ciclo celular estimulando la división celular, el hallazgo mostraba una activación significativamente mermada en contraste con las muestras tomadas prevuelo.²³

Un reto latente para la medicina espacial y para los astronautas, es desarrollar y mantener en un nivel óptimo la respuesta del sistema inmune celular y humoral particularmente durante estancias largas en estaciones espaciales y vuelos prolongados, debido a la serie de cambios en la condición inmune, tales como:

Producción anómala de citocinas, función deprimida de los granulocitos, niveles alterados de inmunoglobulinas, inmunidad viral específica alterada y respuestas neuroendocrinas alteradas, así como la distribución de la circulación leucocitaria alterada.²⁴

Entre los aspectos más considerables de la inmunología espacial se encuentra la notada inactivación de forma muy importante de las denominadas células T, que son clave del sistema inmune. Se piensa que la etiología podría guardar relación con el cambio que experimenta en las membranas en el interior de las células bajo condiciones de microgravedad,²⁵ otra célula que sufre una repercusión del sistema inmune son las células NK, de gran trascendencia puesto que las células *natural killer* son esenciales como parte de la respuesta inmune innata y también por su colaboración en la respuesta inmune adaptativa, puesto que en las primeras fases de

²³ Carrillo, R. and Diaz, J. (2015). *Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153c.pdf> p.19

²⁴ Ibid., p. 19.

²⁵ Salcedo, C. (2016). *Medicina espacial Las fronteras del cuerpo humano*. Revista ¿Cómo ves? Obtenido 12, 2016, de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/31/medicina-espacial.pdf> p.13

la infección, las células NK actúan especialmente frente a virus, de ahí que cuando estas células no actúan correctamente, el individuo se hace vulnerable sobre todo a infecciones virales, promoviendo la liberación de citocinas sin la necesidad de previa de una inmunización. Además, tienen un rol activo e inherente a los mecanismos antiinflamatorios, vigilancia de tumoraciones y regulación de desórdenes autoinmunes. La microgravedad afecta a la función y actividad de las células NK de una forma interesante para la investigación fisiológica.²⁶

Con el objetivo de entender y solucionar el problema, la Administración Espacial Norteamericana (NASA), llevó un experimento aprovechando a los astronautas gemelos, Scott Kelly y Mark Kelly,²⁷ (Anexo 5) siendo sujetos de experimentación con la vacuna de influenza y sus efectos directos sobre el sistema inmunológico, la intervención fue determinar las vías y formas en las que los virus afectan al hombre. Puesto que existe evidencia experimental que demuestra que los tejidos o células desafiadas por antígenos de memoria o por activadores policlonales de un modelo de microgravedad pierden toda su habilidad para producir anticuerpos y citocinas, y a su vez afecta su actividad metabólica. Debido a esto el departamento de salud del astronauta de la NASA se centró en evitar el potencial efecto sobre el sistema inmunológico a través de evitar alérgenos, toxinas, comida caduca y material en degradación.²⁸

La inmunología espacial sigue siendo uno de los temas más relevantes para la investigación de las agencias especiales de todo el mundo, para todos los científicos en materia de salud espacial, un riesgo continuo para la salud de todos los astronautas y un reto añadido para la futura colonización a Marte.

5. Óseo

El sistema óseo es un tema que aún mantiene ocupados a los médicos espaciales debido a los efectos de desadaptación gravitacional que vive el organismo completo, pero afecta directamente al sistema Osteomioarticular. La estructura ósea está conformada por tejidos metabólicamente activos que sufren continuamente procesos de remodelamiento, permitiéndole regenerarse y adaptarse a la función del esqueleto. Existe mucho conocimiento sobre los factores que intervienen en la regulación de

²⁶ Stepaniak P. James, Charles et. al. *Major Scientific Discoveries, Astronaut Health and Performance*, NASA. Obtenido 12, 2016, de http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584739main_Wings-ch5d-pgs370-407.pdf

²⁷ NASA. (2016). *Human Research Program*. Obtenido 12, 2016, de <https://www.nasa.gov/hrp>

²⁸ Stepaniak P. Op. cit., p.401

procesos de remodelación, pero aún es un campo en estudio ya que integra factores múltiples mecánicos, citoquinas, hormonales y factores de crecimiento.²⁹

Los astronautas en los entornos de microgravedad sufren una disminución de la densidad ósea, debido a la ingravidez a la que ya no están sometidos y como el remodelamiento óseo es directamente proporcional al nivel de tensión dentro del hueso, la ausencia de gravedad refleja un efecto significativo sobre la salud. Aunque según estudios también se relaciona la pérdida densidad ósea con bajos niveles de iluminación, resultando en una deficiencia de la vitamina B, aunado al aumento de los niveles de CO₂ en el ambiente.³⁰

Dentro de las funciones del remodelado se considera principalmente la función de mantenimiento de características mecánicas del hueso a través de la sustitución de zonas dañadas con tejido óseo nuevo, aunque también tiene relación con la organización espacial del tejido óseo a la carga mecánica y fuerzas gravitatorias experimentadas en cada momento, contribuyendo al homeostasis mineral y el balance fosfocálcico. El cuerpo humano experimenta procesos de pérdida de minerales óseos tras los cambios en la atmósfera del espacio inmediatamente, con la producción de 60% a 70% de calcio en micción y deyección, con la tendencia al aumento de manera en que se está expuesto a la microgravedad.³¹ (Anexo 6)

Se entiende la microgravedad como un factor mecánico natural ausente en el proceso de remodelamiento del tejido interno del hueso, y ya que es responsable de la pérdida de masa ósea inducida por la falta de actividad física. El ejercicio físico moderado en intenso tiene un efecto positivo sobre la masa ósea, que tiende a reducir con la edad debido al deterioro de las células mecanosensores del hueso, que son la forma por el cual los osteocitos detectan y traducen los estímulos físicos, permitiendo los procesos de señales biológicas de remodelación. Es por eso que está prescrito ejercicio intenso durante las misiones espaciales como la banda sin fin, bicicleta y ejercicios de resistencia con liga, ya que es directamente proporcional a los procesos mecánicos inducidos sobre el hueso. Permitiendo que los micro daños por fatiga induzcan la apoptosis de las células óseas en zonas adyacentes del tejido, seguida de la resolución de los tejidos afectados, todo este proceso es mediado por osteocitos conectados entre sí y las células de revestimiento óseo.³²

²⁹ Cavanaugh PR, Rice AJ (2007) *Bone Loss During Space Flight: Etiology, Countermeasures, and Implications for Bone Health on Earth*. Cleveland, OH: Cleveland Clinic Press.

³⁰ Reyes García, R., Rozas Moreno, P. and Muñoz-Torres, M. (2016). *Regulación del proceso de remodelado óseo*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-regulacin-del-proceso-de-remodelado-13114862>.

³¹ Carrillo, R. and Diaz, J. (2015). *Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153c.pdf> pp.20

³² Baldwin KM et al. (1996) *Musculoskeletal adaptations to weightlessness and development of effective countermeasures*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.

Resulta lógico inferir que los huesos sometidos a carga encargados de soportar el peso, como lo son las vértebras lumbares, trocánter, pelvis, calcáneo, tibia y cuello femoral sufran repercusiones de manera directa. Los astronautas tienden a la osteopenia en rangos de 1 % a 2% al mes sobre estos huesos y algunos individuos después de seis meses han perdido hasta el 20% de masa ósea en extremidades inferiores. La osteopenia del hueso reticular tiene el riesgo potencial de alcanzar un desgaste irreparable sobre la densidad ósea tras el regreso a la exposición gravitacional en la Tierra.³³

El calcio ocio medido post vuelo se encuentra críticamente reducido en comparación Al nivel de calcio, el grado de pérdida de calcio es directamente proporcional al a la duración del viaje espacial. El proceso de recuperación ósea es largo y proporcional a la misión o incluso mayor al tiempo invertido en el espacio. Esto expone a los astronautas a fracturas constantes, padecer osteoporosis a edades más tempranas y una marcada predisposición a la litiasis renal debido a los niveles de excreción de calcio.

Los cuidados médicos previos al vuelo están enfocados en prever la viabilidad de la exposición ósea a la microgravedad, los cuidados médicos durante, tienen la misión de preservar el tejido óseo mediante diversas contramedidas en la estancia espacial y los cuidados médicos posteriores al vuelo, tienen que ver con terapia de rehabilitación y procesos de readaptación gravitacional.³⁴

6. Muscular

Con las funciones de producción de movimiento y desplazamiento del cuerpo, el mantenimiento de la postura corporal, la mayor fuente de calor del organismo y la protección de huesos es que el sistema muscular y los efectos sobre la masa muscular tienen gran relevancia previa, durante y posterior a los viajes espaciales.

El tejido muscular sufre un acentuado atrofiamiento después de días de exposición a la microgravedad, iniciando con un marcado aumento de la excreción de componentes de nitrógeno en orina. Esta atrofia es caracterizada por la alteración estructural y funcional del tejido muscular, tomando como medida una disminución en la talla de las fibras musculares, sin incidencia sobre el número total de fibras.

³³ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.146-256. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf pp.182

³⁴ Nicogossian AE, Parker JF (1982) *Space Physiology and Medicine*. Washington, DC: US Government Printing Office, NASA.

Los músculos que sufren mayores repercusiones en el volumen y fuerza muscular son los encargados de soportar actividades relacionadas con la gravedad como caminar, cargar objetos y los esfuerzos de bipedestación terrestre en comparación con los músculos no posturales, los cuales sufren una pérdida ínfima. La pérdida de masa muscular en misiones cortas para astronautas puede ser entre el 10 al 20%, la pérdida de masa muscular en misiones de larga duración sin contramedidas para el deterioro podría llegar hasta el 50%.³⁵

Un indicador visible de reducción sobre la masa muscular es la circunferencia de la pierna, aunque también puede estar influenciada por el desplazamiento de fluidos de la región torácica desde las piernas en condiciones de microgravedad. Durante las mediciones posteriores al viaje espacial y aún después de la rápida rehidratación del organismo, los diámetros de volumen muscular en pierna no vuelven inmediatamente al nivel prevuelo. Esta diferencia de medidas es un indicador de la disminución de masa corporal en el muslo. Un indicador con mayor grado de evidencia sobre la reducción de masa muscular es la pérdida de nitrógeno, el nitrógeno es un elemento esencial que constituye a cada proteína y la mayor parte de proteínas en el cuerpo proviene del sistema muscular, por ende, es el mayor sitio de proteólisis. Tomando en cuenta que la degradación muscular es variable dependiendo el tipo de músculo, se entiende a la “prueba ureica de nitrógeno excretado” como análisis concluyente que refleja el estado muscular. En orina ante una proteólisis y condiciones de microgravedad se puede encontrar un incremento en la excreción de proteína en orina con sarcosina, creatinina y 3-Metilhistidina. Aún no se ha determinado con pruebas experimentales si el deterioro muscular logra alcanzar una meseta durante los vuelos espaciales de larga duración.^{36 37}

Añadido a todo esto la pérdida muscular puede tener su etiología en los cambios de metabolismo muscular y cómo afecta el proceso de degradación y construcción de las proteínas del músculo. Algunos experimentos realizados en misiones de estancia larga a bordo de la estación espacial MIR han revelado una disminución alrededor del 15% de la tasa de síntesis de proteínas en los seres humanos. No suficiente a la pérdida de músculo puro, algunas clases de fibras relacionadas con las contracciones musculares cambian sus propiedades contráctiles y son debilitadas. Esto se puede traducir en la disminución de fuerza en los músculos de la rodilla el tronco y hombros.³⁸

³⁵ Gilles, C. Op. cit., p.181

³⁶ Gallagher P, Trappe S, Costill D, et al. (2004) *Human muscle volume and performance: The effect of 6-months of microgravity* (Abstract). *The Physiologist*

³⁷ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.146-256. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf p.192

³⁸ Ibid. p.181

En el ambiente de microgravedad la regeneración de la fibra muscular tiene menos éxito, afectando principalmente a los músculos extensores sobre los músculos flexores. Sin contar el nocivo daño nutricional y hormonal que ocasiona la continua excreción de nitrógeno. Estos efectos exponen y compromete las habilidades de los cosmonautas para continuar con la realización de sus actividades en el espacio. De la misma forma podría ocasionar efectos a la salud a su regreso tras soportar el estrés gravitacional terrestre.³⁹

En microgravedad existe una directa relación proporcional entre la sarcopenia y la disminución del diámetro en la pierna, también conocido como "Síndrome de piernas de pollo". Sólo al final del tercer mes de la misión, el perímetro de la pierna podría disminuir de entre el 10 al 20%, aunque como ya se dijo, gran parte de esta disminución se debe a la tendencia de aglutinación hemática en dirección cefálica.⁴⁰

Exactamente los grupos musculares que sufren mayores efectos son los denominados músculos antigravitatorios como espalda baja, abdomen, cuádriceps y gemelos a diferencia de los músculos de brazos y hombros. Estos músculos son críticos en el mantenimiento de la postura y balance en la tierra, por tanto, resienten los efectos de la desadaptación en ingravidez. Las pequeñas pérdidas de los músculos superiores podrían estar causadas al aumento de su uso y función. En efecto, en virtud de la ingravidez, predominantemente los brazos se utilizan para moverse dentro de la nave espacial y durante las actividades fuera del vehículo espacial. Así como también es más grave en los grupos de fibras de contracción lenta en comparación con los de contracción rápida. El deterioro muscular guarda una relación directa y proporcional al ejercicio físico prescrito a bordo de la nave.⁴¹

Cabe resaltar que la debilidad muscular, fatiga, falta de coordinación y dolor muscular de aparición tardía en las experiencias fisiológicas de los astronautas después de los vuelos espaciales imitan los cambios vistos en pacientes con descanso en cama y ancianos. Añadido a esto es relevante comprender que la etiología de sarcopenia por desuso también es partícipe de la inestabilidad postural y dificultades de locomoción vistas después de los viajes espaciales y que son inversamente proporcionales al

³⁹ Gallagher P, Trappe S, Costill D, et al. (2004) *Human muscle volume and performance: The effect of 6-months of microgravity* (Abstract). *The Physiologist*

⁴⁰ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.146-256. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf p.191

⁴¹ Stepaniak P. James, Charles et. al. *Major Scientific Discoveries, Astronaut Health and Performance*, NASA. Obtenido 12, 2016, de http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584739main_Wings-ch5d-pgs370-407.pdf p.380

nivel de intensidad y frecuencia con que realizan los ejercicios físicos abordó, llegando a ser de hasta dos horas y media por cada veinticuatro.⁴²

7. Digestivo

Los efectos fisiológicos sobre el sistema digestivo son menores en relación a los órganos anteriores, pero no por ello menos importantes. Las repercusiones gástricas e intestinales que genera la microgravedad están bien estudiadas y tienen profunda relación con el estado de hidratación, deglución y hemodinámico del paciente.

Inicialmente existe una gastroparesia o detención temporal del sistema gastrointestinal, ocasionando un cese del funcionamiento gastrointestinal hasta el segundo o tercer día de vuelo. La suma de deshidratación por diuresis, derivada de la aumentada tasa de filtración glomerular y la falta de actividad física en los primeros días, ocasiona estasis fecal hasta el estreñimiento y aumento de gases intestinales producto de una mayor fermentación. Aunque logra estabilizarse posteriormente, los astronautas conservan la función gástrica ralentizada y desarrollan leve anorexia, en parte debido a la menor actividad física y la dificultad de la deglución. Hay una acentuada disminución en las secreciones de la digestión, aerogastria y aerocolia.⁴³

Los astronautas suelen experimentar en el espacio una pérdida de peso relacionada con la anorexia. La anorexia está relacionada a su vez con la disfunción hipotalámica de proteínas denominadas neuropéptidos, que son controladas en producción por la leptina, aumentando en condiciones de microgravedad, inhibiendo la sensación de hambre, además del tipo de alimentos y el estrés psicológico al que se encuentran permanentemente expuestos.⁴⁴

Los estudios sobre el sistema digestivo en astronautas durante el viaje espacial incluyen coprocultivos y urocultivos.

⁴² Smith M. Whittle W. et al (2013). *Biomedical results of skylab*. 1st ed. Section III Musculoskeletal Function NASA. Obtenido 12, 2016, de https://sda.jsc.nasa.gov/books/skylab/biomedical_result_of_skylab.pdf

⁴³ Salcedo, C. (2016). *Medicina espacial Las fronteras del cuerpo humano*. Revista ¿Cómo ves? Obtenido 12, 2016, de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/31/medicina-espacial.pdf> pp.13

⁴⁴ Martínez, E. (2010). *Medicina Astronautica. Capítulo 10º Subcap. 23*. Obtenido 12, 2016, de http://www.cosmonautica.es/23.html#_mve.

8. Efectos Psicológicos

Las dificultades durante la misión espacial que no son de índole biológica como son los problemas psicológicos, guardan repercusiones sobre los miembros del equipo, la misión espacial, y la salud del astronauta. A bordo de una nave lejos de la tierra e internados en el profundo espacio a miles de kilómetros, son condiciones que pueden llevar a los astronautas a sufrir, estrés, ansiedad, depresión o pánico. Así como experimentar sentimientos de soledad, aislamiento y confinamiento, además de factores que reten su equilibrio emocional.

Es notable la importancia de los factores psicológicos que se conjugan durante las misiones espaciales, pues la salud mental y social juega un rol crítico en la toma de decisiones y desenvolvimiento de los astronautas. La revisión metódica de dichos factores puede contener el punto crucial sobre el éxito o fracaso de la misión. En términos de interacción con el hábitat del equipo de trabajo, el ambiente espacial, y la relación interpersonal con otros miembros del equipo.⁴⁵

Durante una estancia prolongada en la estación espacial MIR, la agencia espacial rusa realizó un viaje de rescate con tres hombres a bordo de una cápsula para reemplazar a un astronauta en la estación mientras los dos restantes escoltaban al astronauta de regreso a Moscú. La razón oficial dada por los medios de comunicación explicando el porqué del regreso temprano a la tierra resultó en un problema de etiología cardiovascular. Algunos analistas expertos de Estados Unidos expresaron la posibilidad de que existieran condiciones adicionales y dificultades como el estrés prolongado generado por la sensación de ingravidez, confinamiento y aislamiento.⁴⁶

Esto muestra de una manera clara la importancia que el estado psicológico durante las misiones espaciales, a pesar de ser un tema central para la clasificación de astronautas aún tiene un grado de evidencia y asociación disminuido con problemas psiquiátricos durante la misión espacial, como ansiedad, depresión, psicosis, síntomas maníacos y cambios de la personalidad.

Las repercusiones negativas documentadas sobre el estado psicológico durante el viaje espacial comúnmente pueden incluir problemas de sueño, niveles reducidos, alteraciones en la sensación de tiempo, interacciones interpersonales pobres, trastornos del estado de ánimo y pensamiento. Las tensiones sobre las relaciones, necesidad de privacidad y la acción de sobrellevar la tarea frente al liderazgo emocional, son algunos de los problemas interpersonales que pueden ocurrir dentro de la nave.

⁴⁵ Bishop S (1997) *Psycho-Sociological Issues of Spaceflight*. Advanced Lecture at the International Space University, Summer Session in Houston, Texas

⁴⁶ Gilles, C. Op. cit., p.217

En el registro documental de las misiones espaciales no existe gran evidencia de repercusiones negativas asociadas a estos problemas, probablemente debido a la extraordinaria motivación y compromiso de los astronautas. Aunque el límite del estrés y donde los conflictos interpersonales pueden ocasionar que las cosas se salgan de las manos, se encuentra entre la tercera y cuarta semana según la doctora Patricia Santy, psiquiatra de la NASA.⁴⁷

Los astronautas se enfocan en lograr el establecimiento y mantenimiento eficaz de la misión, procuran las interacciones estables entre el equipo, ajustando su comportamiento individual dentro del parámetro de solución para los conflictos interpersonales, promoviendo la efectividad de la actuación grupal. Ya que las alteraciones en el entorno social resultan peculiarmente exacerbadas en condiciones de marginación.

Las estaciones de operación en la antártica tienen algunos factores similares que comprometen el estado psicológico como el que viven los astronautas. En las estaciones antárticas se ha mostrado un incremento del estrés relacionado con síntomas como depresión, ansiedad, insomnio y hostilidad. De la misma manera ocurre en el espacio, donde el estrés se ve agravado por el estado de ingravidez prolongada, los problemas pueden ir más allá de la hostilidad y la ansiedad. Frecuentemente los astronautas tras periodos prolongados se quejan de diversos síntomas psicomaniacos incluyendo el dolor de cabeza, trastornos del sueño y la desorientación en tiempo.⁴⁸

Los factores relacionados al inicio del estrés son los tiempos extenuantes de trabajo, la carga de tareas, las condiciones propias de la microgravedad, Las rutinas de higiene que consumen tiempo y energía, la calidad gustativa de los alimentos, los intervalos térmicos variables, la limitada privacidad, amplificados por el entorno ruidoso y variable. La motivación por establecer contramedidas necesarias incrementa la dificultad, relacionada con las instalaciones dentro de la astronave y las facilidades sanitarias en relación a todos los miembros del equipo.⁴⁹

Adicionalmente las adaptaciones fisiológicas en la microgravedad descritas previamente se incluyen en los factores que rentan el estrés individual, y repercuten negativamente en las interacciones interpersonales, concentración, habilidad de actuación en grupo y trabajo individual. En el futuro este será uno de los temas más

⁴⁷ Gilles, C. Op. cit. p. 217

⁴⁸ Bechtel RB, Berning A (1991) A. *The third-quarter phenomenon: Do people experience discomfort after stress has passed?* In: From Antarctica to Outer Space: Life in Isolation and Confinement Harrison AA, Clearwater YA, McKay CP (eds) New York: Springer Verlag, pp 261–266

⁴⁹ Harrison A, Clearwater Y, McKay C (1991) *From Antarctic to Outer Space: Life in Isolation and Confinement*. New York, NY: Springer-Verlag

relevantes, pues cada vez se establecen vuelos espaciales más largos, probables viajes interestelares o interplanetarios y esta afección podría tener desastrosos efectos sobre la misión y la persona

Normalmente, cuando un individuo o un grupo pequeño de individuos se excluyen de su entorno social natural y se somete a un entorno aislado y enclaustrado, los síntomas de esperar se pueden dividir en cuatro grupos:

El primer grupo incluye el compromiso cognitivo, deficiencia en el nivel de atención y concentración, dificultad en los mecanismos de aprendizaje y alucinaciones. Estos problemas se plantean en todos los entornos que exponen al peligro, como el espacio.

El segundo grupo engloba la disminución de la motivación cuando la percepción de los beneficios inherentes a la situación del colectivo no sea mayor a estos. Esto se puede ver en comparación con las primeras misiones espaciales y el trato heroico que se les dio, logrando la motivación política en las ciencias espaciales hasta lograr crear cierta situación que impulse los vuelos espaciales más regularmente

La tercera categoría está relacionada con los síntomas somáticos como trastornos del sueño, cefalea, parestesia y estreñimiento. Estos efectos tienen un sustento en la naturaleza física del medio ambiente, pero también son sencillamente exacerbadas o incluso causadas por los altos niveles de estrés en el entorno

La cuarta categoría es vital para las misiones, trata del estado de ánimo y la moral. Siendo un clima de actuación que promueve el astronauta a cargo, generando relaciones estables que ayuden a afrontar el trabajo y estableciendo los límites de las interacciones. Resulta interesante notar que durante las primeras semanas de misión los problemas interpersonales no juegan un papel importante y es alto el grado de disposición de los astronautas nuevos en la tripulación para con el líder.⁵⁰

Es por todo eso que los criterios de selección psicológica actuales en astronautas pretenden predecir el rendimiento óptimo en el entorno aislado a partir de identificar y elegir a los candidatos con características peculiares. Aunque sin implicaciones médicas o psiquiátricas, los criterios de selección psicológicos permiten reconocer aquellos rasgos de personalidad deseables o características vinculadas con una misión específica. Regularmente, se contemplan características como la aptitud para el trabajo, el coeficiente intelectual y la química dentro del equipo de trabajo. Incluyendo, dadas las condiciones espaciales, cualidades tales como la capacidad de tolerancia ante el estrés, la flexibilidad, la motivación, la sensibilidad y estabilidad emocional, la capacidad para formar relaciones interpersonales de calidad estables,

⁵⁰ Gilles, C. Op. cit. p.220

la madurez, son requisitos indispensables frente a los eventuales problemas sociológicos que se vivirán en el viaje. (Anexo 7)

A diferencia de los criterios de selección anteriores, donde se clasificaban a los astronautas con pocos indicadores de clasificación, limitándose a reconocer las habilidades de pilotaje, buena tolerancia al estrés, capacidad de toma de decisiones y la motivación sobre la misión. Por ello algunos de los experimentos de clasificación psicológica de la Administración Aeronáutica Norteamericana (NASA), incluyen en su simulación condiciones de la misión, como cambios repentinos en la presión, periodos de aislamiento, elevados niveles de ruido, vibración y calor.⁵¹

Un interesante dato sobre los problemas psicológicos que experimentan los astronautas en el espacio, es la documentación de un buen número de informes que señalan la trascendencia psicológica de mirar desde la astronave en el espacio hacia la Tierra. Lo cierto es que no poder mirar hacia la Tierra induce sentimientos de ansiedad, tristeza, depresión o pérdida de compromiso con el consenso habitual de normas de comportamiento. Lógicamente, se puede concluir que el rendimiento de la misión podría entonces verse afectado negativamente, al igual que el comportamiento individual, las interacciones interpersonales, así como la aceptación de la orientación de los controladores de la misión en la tierra. Todo un reto para la atención de los cuidados integrales.

9. Renal.

Los riñones tienen una relevancia estructural en el estado hemodinámico y metabólico de las personas en la Tierra. La filtración glomerular es un indicador en la medicina crítica para inducir las pruebas de función renal, pronosticar y predecir la situación general del sujeto. Dicho indicador señala los niveles de distribución de líquidos al interior del organismo y por tanto es vinculado con la vascularización y hemodinamia del astronauta. Determinando el flujo sanguíneo en el sistema cardiovascular y una serie de principios biomecánicos aplicados al movimiento de los fluidos que engloba conceptos tales como flujo, presión, resistencia y capacitancia desde y hacia el corazón bajo condiciones de microgravedad.

Puesto que la vascularización tiende a la dirección cefálica en ingravidez, además de una ligera estasis sanguínea, la presión renal se ve aumentada y por ende la tasa de filtración glomerular, llegando a registrarse aumentos de hasta el 20%. El incremento de la FG genera poliuria, ocasionando deshidratación, estreñimiento, cefalea, hipotensión, y náuseas.

⁵¹ Gilles, C. Op. cit., p.231

Estudios del programa de investigación humana de la Administración Espacial Norteamericana (NASA), señalan el alto riesgo de desarrollo de litiasis renal en astronautas. La etiología apunta a la poliuria saturada de altas concentraciones de citratos de calcio, sodio, magnesio, fósforo, potasio, y sulfatos ácido úrico, entre otros. Ya que a través del plasma es que el sistema renal elimina la cantidad necesaria de agua y productos finales metabólicos.⁵² (Anexo 8)

El laboratorio de microgravedad transportado por el transbordador espacial *SpaceLab* realizó una investigación para determinar la función renal y las funciones hormonales que regulan al riñón. Encontraron en todos los experimentos indicios de una correcta función renal y del sistema renina angiotensina aldosterona. Aunque sigue siendo un riesgo latente la nefrolitiasis derivada de la proteólisis y desechos electrolíticos. Debido a este potencial problema, que los oficiales médicos prescriben la ingesta de agua más allá de su sed.⁵³

En cuanto a los criterios prevuelo de función renal, es recomendable hacer pruebas de función renal y urológicas completas con el fin de dictaminar si el sujeto es viable a ser sometido a una carga de presión renal prolongada, probablemente 6 meses. Conocer las cifras de tensión arterial a las que está expuesto regularmente para poder establecer un pronóstico y viabilidad de la misión espacial.

Pero ¿cómo es que los astronautas desarrollan anemia y cómo se relaciona con la función renal? Los riñones generan la hormona eritropoyetina, que es precursora de la génesis eritrocitaria, por otro lado, los eritrocitos son los encargados de aportar el nivel de oxígeno tisular requerido. Cuando los habitantes de grandes altitudes bajan al nivel del mar o los astronautas entran a microgravedad, el cuerpo detecta el exceso de glóbulos rojos, ya que no es necesario el exceso de eritrocitos en sangre.

Durante los vuelos espaciales los astronautas experimentan una disminución de hasta el 15% en el volumen del plasma total, cuando el cuerpo detecta el aumento en la cantidad de eritrocitos por unidad de volumen en sangre la secreción de eritropoyetina de los riñones cesa. Esto aumenta la apoptosis eritrocitaria y la disminución de producción de células rojas por la médula ósea, desencadenando un proceso llamado neocitosis, un proceso de hemólisis selectiva para eritrocitos jóvenes. La neocitosis ocurre tras un estímulo que genera una reducción súbita en los niveles plasmáticos de eritropoyetina, presentándose una caída en el conteo eritrocitario total, del hematocrito (Hcto) y de la hemoglobina (Hb), no explicable por la disminución en la tasa de eritropoyesis. Se puede concluir que la correcta función renal es muy

⁵² NASA. (2016). *Human Research Program*. Obtenido 12, 2016, de <https://www.nasa.gov/hrp>

⁵³ NASA (2008, 03) *Risk of renal ston formation, human research program*. Johnson space center. Online [nasa.gov](https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/renal%20store.pdf). Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/renal%20store.pdf>

importante en el espacio, pues implica el transporte de oxígeno a los órganos y el estado hemodinámico del hombre.⁵⁴

10. Hematopoyético.

Se ha observado en vuelos espaciales diversos efectos sobre el sistema cardiovascular en los astronautas, pero a nivel hematológico hay una incidencia de modificaciones interesantes para comprender la fisiología en microgravedad. Registrando una considerable disminución del volumen plasmático de entre el 15-20% en las primeras horas del viaje espacial, debido al colapso de las paredes de los vasos sanguíneos, vénulas y capilares, debido a que en microgravedad el peso de la sangre no consigue la fuerza suficiente para el mantenimiento permeable de las paredes vasculares. Logrando, de este modo la redistribución central, donde la ocupación sanguínea es menos dependiente de la gravedad. Esta hemoconcentración expresa signos como edema facial y dorsal, aumenta la diuresis y el trasudado hacia los tejidos.

La rápida disminución del conteo eritrocitario y una hemólisis selectiva de neocitos, explica la disminución en la génesis del hematocrito. Dentro del registro de las misiones se halló que la significativa disminución de hemoglobina y hematocrito, conteo eritrocitario total, en astronautas, presentaba una disminución más visible al contrastarlo con la reducción habitual de la masa eritrocitaria, señalando la respuesta de dicha disminución a un proceso hemolítico. Puesto que el porcentaje de eritrocitopenia es significativo en un reducido intervalo de tiempo.

Contemplando que el periodo de eritropoyesis tiene un tiempo estimado de 9 días y este vive alrededor de 120 días, transcurridos diez días la disminución eritrocitaria sería de 7-8% aproximadamente, y no del 15-20% como se observa en los vuelos espaciales.

Con el fin de entender el fenómeno anímico en astronautas se experimentó marcando a los eritrocitos con el radioisótopo Cr⁵¹ dos semanas antes de su vuelo, para así lograr conocer la supervivencia celular y rectificar el proceso hemolítico, los resultados fueron asombrosos, la curva de supervivencia eritrocitaria que señalaba el Cr⁵¹ no tenía alteraciones, pero los parámetros hematimétricos seguían mostrando una disminución en la masa celular eritrocitaria.

La explicación lógica de este fenómeno radica en la hemólisis y su destrucción selectiva sobre eritrocitos con una vida plasmática inferior al tiempo de marcaje con el radioisótopo y el despegue de la misión espacial desde la tierra, es decir,

⁵⁴ Palomino F, Bautista L, Garcia M. *Neocytolisis*. Online Scielo.org.co. Obtenido 12, 2016, de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50121-52562009000100017

reticulocitos. Esto condiciona el cuadro anémico en los astronautas y puede expresar signos como astenia, ictericia, orina marrón, disnea, palidez y malestar general.

En hematocrito central genera un estímulo negativo para la secreción de hormona eritropoyetina renal, debido a la aceleración en el descenso en los niveles séricos, disminuyendo a su vez el hematocrito y la masa eritrocitaria. Este proceso hematológico produce una hipoxemia e hipoxia, pues no hay capacidad suficiente para abastecer cada tejido del organismo. (Anexo 9)

Esto se evidenció específicamente en la misión Géminis V, cuando marcaron con Cr⁵¹ a las células rojas solo siete días antes del lanzamiento y en los resultados se encontró una disminución en la supervivencia eritrocitaria. Comprobando así la razón de la anemia por hemólisis selectiva de neófitos y reticulocitos, afectando el cálculo de hematocrito. ⁵⁵

11. Líquidos y electrolitos.

Los cambios en el equilibrio hídrico en el organismo acarrear modificaciones hidroeléctricas, especialmente en su función con el riñón, los músculos y el sistema cardiovascular. El peso corporal también es un reflejo de los niveles de deshidratación y pérdida de electrolitos, además la pérdida de peso ocasiona que la función hepática inicie la transformación de los polímeros de glucosa (glucógeno) y mayor pérdida hídrica. Todo esto transmite la señal de impulso a la hormona antidiurética para conservar el agua corporal. La aldosterona por reacción aumentará el volumen de líquido corporal y las cifras de tensión arterial podría aumentar. En los primeros días de vuelo espacial la hormona antidiurética es alta, pero luego se reajusta al control de agua del cuerpo, mientras tanto la Aldosterona y el péptido natriurético auricular actúan directamente sobre la cantidad de Na.

El sodio (Na) y el potasio (K) tienen una vital función en este ciclo.

El balance hídrico contempla electrolitos, principalmente sodio y potasio; el sodio cumple una función iónica extracelular principalmente, mientras que el potasio es un electrolito intracelular. Ambos tienen un rol clave en la función celular, el equilibrio osmótico, así como diversas reacciones en el cuerpo incluyendo la contracción muscular y miocárdica.

Estudios realizados en varias misiones Spacelab han demostrado que la capacidad de adaptación fisiológica en los cosmonautas durante vuelos espaciales es alta, aún a pesar de la alta ingesta de Na, microgravedad y la tensión del viaje. Siendo estos

⁵⁵ Palomino F, Bautista L, Garcia M. *Neocytolisis*. Online Scielo.org.co. Obtenido 12, 2016, de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50121-52562009000100017

factores recomendablemente monitorizables, ya que contribuyen a completar una valoración general del astronauta.⁵⁶

Las altas ingestas de sodio en los astronautas pueden tener serias repercusiones en la pérdida de masa ósea, el desequilibrio en potasio por otra parte, contribuye al desequilibrio en el sistema de conducción eléctrica y muscular. Poniendo en riesgo durante las misiones de larga duración, su vida y la misión.

⁵⁶ Nicogossian A., Leach C., Pool SL. *Space Physiology and Medicine*. 2ed Lea and Febiger. Philadelphia, London 1989.

IV. Capítulo III: Enfermería Espacial

A continuación, se describirá una contextualización sobre la influencia de la medicina espacial en los programas de investigación fisiológica y cómo éstos pueden ser vínculo de correlación para establecer los parámetros de cuidados médicos y a través de la multidisciplinariedad integrar un modelo de atención de enfermería que brinde atención a viajeros espaciales y astronautas. También se ahondará en el entendimiento de respuestas de emergencia mediante una clasificación de afecciones especializada en el espacio, se establecerán las bases de correlación y propuesta de actuación de Enfermería para adoptar un modelo de atención abordó de la nave, al regreso a la Tierra y previo al vuelo.

1. Proceso enfermero y el cuidado del astronauta.

La Medicina Espacial es una ciencia encargada de los cuidados médicos en el espacio, a través del estudio de la fisiología en condiciones de aceleración, entornos extremos y ambientes de microgravedad. Por su parte la Enfermería está encargada de los planes de atención, la atención integral a la salud y las intervenciones de cuidado clínico, psicológico y espiritual. Claramente existe una correlación directa entre estos campos científicos de enfoque a la prevención, tratamiento, y terapia. Con la peculiaridad que la mirada sobre el cuidado desde el paradigma de Enfermería se permite una percepción holística, heurística y humana, mirada necesaria para comprender el desarrollo de intervenciones en el espacio profundo, donde se conjugan complejas parcialidades de riesgo a la salud que implican una necesidad de entendimiento y acción más allá del mero enfoque biológico sobre el cuerpo del astronauta.

Ante los avances en materia de viajes espaciales, las pretensiones de colonización lunar o marciana y los cada vez más prolongados intervalos de exposición al cosmos, es que nace la congruente propuesta sobre el modelo de atención al cuidado en condiciones de ingravidez o microgravedad de Enfermería, producto de la convergencia y el desarrollo de multiparadigmas y multidisciplinas que permean, se fusionan y revolucionan la concepción clásica de atención a la salud y bienestar.

Durante la guerra de Crimea, Florence Nightingale estableció la correlación e importancia del entorno con la salud del paciente, fue el 21 de octubre de 1854 que un equipo de salud, conformado por 21 enfermeras organizadas por Nightingale se enfrentó por primera vez al reto de la atención en cuidados de grado médico, bajo entornos de riesgo, ya sea guerra o infecciones y como el paciente interacciona con el medio. Esto muestra la relevancia y pertinencia desde el nacimiento de la mirada de Enfermería, de la atención Clínica del paciente con su entorno, quizá Florence

nunca soñó que esta proporcionalidad tendría trascendencia incluso en el astronauta y el entorno espacial.⁵⁷

Añadido a este paradigma se han establecido durante los años diferentes modelos, que teorizan sobre el abordaje de acercamiento clínico entre el rol del oficial sanitario y el paciente, conjugando en el tiempo su entorno, su psique, su espíritu. Uno de los modelos que explican la relación orgánica, social y psicológica, es el modelo teórico de Virginia Henderson, pues contempla las necesidades básicas humanas, enlistadas en 14 rubros. Con 7 necesidades biofisiológicas y 7 necesidades biopsicosociales que involucran campos como comunicación, entorno, aprendizaje etc., es el modelo teórico que servirá como conducto inicial para crear la introducción al campo de la Medicina Espacial desde la Enfermería. Logrando así crear ejes que permitan la instauración de; La Enfermería Espacial.⁵⁸

Aunque no queda exento de análisis, la correlación de los cuidados médicos en ambientes de ingravidez y los distintos modelos teóricos, como; la visión humanista y fenomenología del sujeto de Jean Watson, puesto que es inherente al hombre , astronauta o no, la percepción humanista en relación a la salud; Puesto que la ISS (Estación Espacial Internacional) combina astronautas de todos los países y culturas, sería ilógico no concebir los cuidados desde la lupa de Madeleine Leininger y su teoría de la universalidad; Martha Rogers, como pionera y fundadora de la "Sociedad de Enfermería Espacial" (Anexo 10), la concepción del hombre como sistema y el modelo teórico de los seres humanos unitarios, es importante señalar que el "Programa de Enfermería Espacial" de la Asociación Espacial Norteamericana (NASA), nació adherida a esta teoría, debido a la implicación de Rogers en el proyecto; Sin dejar de lado la relación de los 11 patrones funcionales de Marjory Gordon, con especial énfasis sobre el décimo patrón, adaptación y tolerancia al estrés; O el modelo de adaptación, propuesto por Callista Roy, que muestra una relación directa con el fenómeno de desadaptación fisiológica de los astronautas en el espacio, conservando las mismas variables sobre la condición fisiológica humana y su potencialidad adaptativa en la Tierra ante un entorno expuesto a microgravedad y radiación.

2. Cuidados y habilidades clínicas.

Una forma práctica de planear las habilidades clínicas de cuidados médicos para las misiones espaciales y la probabilidad de respuestas de intervención. Las patologías, heridas y afecciones en general pueden dividirse en tres.

⁵⁷ Czerwinski, B., Plush, L. and Baines, b. (2000). Nurses Contributions to the US Space Program. AORN Journal, volumen 71(No 5), pp.1-7.

⁵⁸ J, L. and C, B. (2010). Proceso Enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los Lenguajes NNN. 1st ed. España: Ilustre Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

A) Posibilidad de resolución sin cuidado o con el requerimiento mínimo; B) posibilidad de deterioro o pronóstico fatal sin los cuidados apropiados a tiempo, pero con la posibilidad de mejorar y recobrar la salud con cuidados; C) factiblemente fatal, a pesar de todos los esfuerzos posibles en el ajuste de atención.⁵⁹

Clasificación de afecciones y lesiones para la planeación de los cuidados durante los viajes espaciales:

i. Afección clase I:

Comprende síntomas leves, afección mínima de las habilidades y no es una amenaza para la vida. Algunos ejemplos son, el síndrome de adaptación espacial, desórdenes gastrointestinales, cefalea, úlcera leve, pequeñas laceraciones o abrasiones, lesión muscular, infección urinaria leve, infección de las vías respiratorias altas, alergia, dermatitis o conjuntivitis. Generalmente se pueden tratar con autocuidados sin la necesidad de prescripción, o medicamentos del cuadro básico.⁶⁰

ii. Afección clase II:

Comprende síntomas de moderado a severo, con efectos acentuados y potencialidad de riesgo de la vida. Incluye afecciones como enfermedad descompresiva, embolismo aéreo, arritmia cardíaca, ataque cardíaco no complicado, perforación duodenal por úlcera, síndrome de desorden respiratorio, exposición a sustancias tóxicas, quemaduras químicas, nefrolitiasis, diverticulitis, apendicitis, herida torácica abierta, fractura, lesión cefálica. Requiere un diagnóstico adecuado durante el vuelo y un tratamiento que le permita recuperarse en órbita, o por su defecto, permitir paliativos para disminuir el daño hasta que se pueda completar la extracción del astronauta en misión.

iii. Afección clase III:

Engloba síntomas de urgencias severos, compromete la vida si no es atendido inmediatamente, tiene un pronóstico ominoso y los cuidados médicos no son viables. Un ejemplo de ellos es la descompresión explosiva, ataque cardíaco complicado, infección general (sepsis), lesión por choque masivo, lesión de exposición de tejido cerebral o quemaduras mayores al 40% del cuerpo. Si las probabilidades juegan a favor, y se logra preservar la vida, es necesaria una evaluación inmediata después de la reanimación, mantener la monitorización y estabilización. De lo contrario, se recurre

⁵⁹ B, H. (1993). Medical-Care Systems for Long-Duration Space Missions. *Clinical Chemistry*, Vol.39(1), pp.13-21. Obtenido 12, 2016, de <http://clinchem.aaccjnls.org/content/clinchem/39/1/13.full.pdf> p. 13

⁶⁰ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.146-256. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/_d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf

a cuidados paliativos para las afecciones de dolor, y se procura el cuerpo para ser devuelto a la tierra y realizar una autopsia.

A pesar de que los problemas en la clasificación I son los más prevalentes y los de la clasificación III son los más dramáticos, la mayoría de los recursos para los cuidados en el vuelo espacial están pensados para manejar los problemas de clase II, es por este tipo de afecciones que el sistema médico abordo está preparado y tiene la capacidad de anticipar y obtener el mayor impacto clínico para asegurar la misión. En las afecciones o lesiones serias los cuidados apropiados, eventualmente pueden evitar o prevenir la muerte, lesiones innecesariamente prolongadas, interrupciones sostenidas al objetivo de la misión, incapacidades permanentes, abortar la misión, contra lograr optimizar la recuperación. Los cuidados espaciales también pueden prevenir que muchas condiciones de clase II progresen a clase III, y, por el contrario, un buen plan de cuidados puede lograr que las afecciones de clase III evolucionen favorablemente a clase II. Proveer una valoración inicial adecuada en el astronauta, tiene una repercusión sobre la configuración semiología y establece una hipótesis diagnóstica, con el fin de desarrollar intervenciones que logren ejecutarse de una manera precisa durante el viaje espacial. Promoviendo así, una subsecuente evaluación clínica en el astronauta que evolucione adecuadamente y apunte a un pronóstico favorable.

3. Pertinencia del modelo de las 14 necesidades básicas de Virginia Henderson en el proceso de cuidado al astronauta.

La ciencia del cuidado correlaciona el método científico o mejor dicho método clínico, en conjunción al planteamiento de atención a las necesidades y las respuestas humanas. Para lograr el desarrollo de esta estructura de pensamiento que rodea a los paradigmas antiguos y nacientes de enfermería ha sido necesario adoptar un marco teórico conceptual que sirva como plataforma para basar los múltiples principios y objetivos de la Enfermería, así como contextualizar el método científico utilizando una metodología propia para resolver los problemas de su competencia. Implicando la utilización de modelos sistemáticos para brindar resultados centrados en la consecución de los resultados predefinidos y con alto grado de evidencia científica. En definitiva, la necesidad de la implementación de un Proceso de Atención o Proceso Enfermero.

Para adoptar un proceso de atención de enfermería en ambientes de ingravidez es necesario comprender cada una de las partes que lo componen, pues la aplicación en las ciencias espaciales se caracteriza por la configuración estructural de actuación armónica y sincronizada en programas de ocupación clínica. Es entonces como se puede entender la aplicación de los cuidados en astronautas, a través de la división

propuesta para el estudio de la fisiología espacial. a) Previo al viaje espacial, b) A bordo de la nave espacial y c) al regreso a la Tierra.⁶¹

i. Previo al viaje espacial.

Centrada en la valoración de las capacidades físicas y psicológicas, para clasificar las condiciones en las que el astronauta iniciará su viaje. Desarrollo de diagnósticos que señalen o nieguen si el sujeto es apto para la misión, identificación de prioridades inmediatas preparativas a la condición antes del despegue y su posterior puesta en práctica. Como pueden ser prescripciones en dieta y su repercusión nutricional, actividad física y la modificación de condiciones fisiológicas o cuidados especializados. Con todo ello es posible producir un extenso registro de resultados obtenidos y así poder ajustar las actividades de cuidado en relación a la modificación de indicadores de competencia en astronautas, propiciando las condiciones de estado vital más óptimo para el astronauta antes del inicio del viaje espacial, llegando a ser de años o décadas.

ii. A bordo de la nave espacial.

Durante la permanencia en la nave espacial, ya sea de días o de meses, la operación de los oficiales clínicos a bordo o a distancia, estará orientada a la valoración de los signos y síntomas provocados por la estancia espacial y a la clasificación de los niveles de afección desarrollados en el ambiente de microgravedad. Analizar y sintetizar los datos clínicos obtenidos con el fin de identificar mediante un diagnóstico la potencialidad o realidad de la problemática, estructurar intervenciones en la astronave, ya sean de rutina, de emergencia o de urgencia. Estas intervenciones son congruentes con las posibilidades del equipo médico a bordo y los tiempos de transición para los traslados médicos. También es importante señalar el registro del proceso evaluativo de estado general de salud en medios de monitorización previa y continua, como un medio de comunicación entre el organismo, el enfermero y el astronauta.

iii. Regreso a la Tierra.

Dirigido a percibir las fuentes de dificultad y efectos secundarios relacionados con la estancia en ambiente de microgravedad, estudiar los factores de riesgo añadidos tras el viaje espacial, el grado de afección y la interrelación de necesidades afectadas. Determinar los límites semiológicos en los que se registra la afección, para poderlo traducir en una hipótesis diagnóstica, que es la génesis de la planificación de las intervenciones, puesto que señala la etiología del problema. Generalmente la

⁶¹ NASA (2016). Occupational Health Clinic. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/centers/wstf/hse/health/index.html>

etiología de las afecciones más graves presentadas en astronautas a su regreso a la Tierra, son de clase II, crónicas y requieren rehabilitación y terapia continua. Esto pone los objetivos de las intervenciones en términos realistas y alcanzables, materializado en un documento escrito llamado plan de cuidados, donde se señalan la serie de actividades de mantenimiento, modificación, revisión o suspensión de la ejecución. Es un modelo de atención muy parecido a las afecciones crónicas clásicas en la Tierra y el tiempo de cuidados al regreso a la tierra puede ser muy tardados y dependen del grado de exposición al espacio.

V. Sistema de oxigenación y astronautas.

El siguiente capítulo está argumentado desde la revisión de resultados de las investigaciones en fisiología hechas por el programa de investigación humana de la NASA y se centra en analizar la implicación de los cuidados médicos de enfermería entorno a los viajes espaciales, así como las repercusiones de microgravedad y contramedidas en astronautas. Abordaremos los conceptos fundamentales de oxigenación y cómo se ligan a los soportes de vida dentro de las astronaves, cómo se da el proceso de hematosis en el espacio y cuáles son las condiciones atmosféricas. Se propondrá el rol activo del personal de enfermería en torno a programas de cuidados espaciales que integren principios de valoración en astronautas, diagnóstico, planificación de intervenciones, ejecución y evaluación en relación a la necesidad básica de los seres humanos. Desde el enfoque fisiológico cardiaco, vascular y pulmonar antes del viaje espacial, durante y a su regreso a la Tierra.

1. Necesidad de oxigenación.

¿Cómo es que los astronautas pueden atender satisfactoriamente esta necesidad en las astronaves o la estación espacial internacional?, pues esta es una cuestión tan esencial como la vida misma. La capacidad de reprimir la ventilación en los seres humanos puede abarcar algunos pocos minutos dentro de los límites compatibles con la vida y la hipoxia sostenida en astronautas conlleva cefalea, astenia o síncope. Por el contrario, las altas concentraciones de oxígeno ambiental pueden propiciar un incendio y esto es bien sabido por los ingenieros que construyen los sistemas de abastecimiento de oxígeno en la estación espacial internacional, EEI. El diseño de los sistemas de abastecimiento de este gas esencial opera previendo la dosis de oxigenación en el espacio en relación al número de personas por día. Una persona de 75 kilogramos de peso solo por respirar requerirá por día .83 kilogramos de O₂ y 303 kilogramos al año.⁶²

La NASA estableció los sistemas de control ambiental y soportes de vida, ECLSS por sus siglas en inglés, como la fuente principal de oxígeno generado en los entornos espaciales, a través de la electrólisis de agua y tanques de almacenamiento por presión de O₂. Estos sistemas se mantienen en mejora constante por los ingenieros aeroespaciales de la administración aeronáutica espacial de Estados Unidos y centros espaciales internacionales, donde destaca la participación de la agencia

⁶² Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, Life Support System, pp.305-338. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf. p.307

espacial japonesa desarrollando, mejorando y probando los sistemas primarios de soporte de vida en la EEI. ⁶³ (Anexo 11)

La molécula del agua está compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. El proceso por el cual se le pasa una corriente eléctrica al agua para causar que se separen y reconvienen los átomos, es denominado "electrólisis", y los gases resultantes son hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂). Para llevar este proceso de separación molecular es usada la energía eléctrica proveniente de los paneles solares de la estación. El mismo proceso de separación molecular que resulta en oxígeno respirable en la Tierra proviene de algas, cianobacterias, fitoplancton y plantas en general, salvo que no implica una división mecánica como en el espacio. Los proyectos de soporte vital en el espacio esperan poder usar eventualmente plantas para cubrir la oxigenación, pues supondría un ciclo cerrado, donde los gases son reutilizados. Aunque los sistemas químico-mecánicos son más confiables, compactos y requieren menos esfuerzo de mantenimiento durante el viaje espacial que el uso de plantas. Por eso es que el sistema de oxigenación abordo de las astronaves aún siguen en las etapas de investigación, demostración y aún hay aspectos que precisar antes de que sean viables en vuelos largos, colonizaciones extraterrestres como las villas lunares o Marte. ⁶⁴

El proceso de generación de oxígeno a través de electrólisis es muy similar a la que se usa en la oxigenación de emergencia como factor de cuidado para evitar la descompensación, las mascarillas en los aviones actúan mediante un mecanismo de ignición cuando el pasajero jala de ella. De la misma manera, el reactor de electrólisis espacial inicia su funcionamiento tras la activación mecánica de ignición del astronauta a un recipiente con H₂O. La producción de oxígeno por unidad, es suficiente para el abastecimiento de una persona durante un día en la estación espacial internacional.

El consumo de oxígeno conlleva el desecho de dióxido de carbono CO₂, y se espera que un futuro se pueda hacer uso de este gas para el mantenimiento vital de plantas o para hacer una recombinación del hidrógeno residuo de electrólisis con el dióxido de carbono para formar agua y metano. El agua continúa en electrólisis y el metano puede ser desechado, aunque se señala la probabilidad de usar el metano como combustible. ⁶⁵

⁶³ Carrasquillo, R. and Bagdikian, R. (2007). *Life Support Technology Challenges for NASA's Constellation Program*. Johnson Space Center. Obtenido 12, 2016, de [https://www.nasa.gov/pdf/203075main_ECLSS%20Technology%20Exchange%20Conference%20briefing.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/203075main_ECLSS%20Technology%20Exchange%20Conference%20briefing.pdfhttps://www.nasa.gov/pdf/203075main_ECLSS%20Technology%20Exchange%20Conference%20briefing.pdf)

⁶⁴ Barry, P. (2014). *NASA Breathing Easy on the Space Station*. Human Space Flight. Obtenido 12, 2016, de: [http://spaceflight.nasa.gov/living/factsheets/breathing.html](http://spaceflight.nasa.gov/living/factsheets/breathing.htmlhttp://spaceflight.nasa.gov/living/factsheets/breathing.html)

⁶⁵ Ladd, I. (2014). *The air we breathe*. NASA Obtenido 12, 2016, de https://www.nasa.gov/pdf/62452main_The_Air_We_Breathe.pdf.

Además del CO₂ los astronautas también emiten cantidades ínfimas de diversos gases. Metano y dióxido de carbono en los intestinos; Monóxido de carbono, alcohol metílico y acetona emitidos como subproductos metabólicos en orina y respiración; o amoniaco producto de la descomposición ureica en diaforesis. Todo ello implica un reto para cuidar la sana oxigenación y el mantenimiento de la atmósfera, a esto se añaden los gases producto de químicos usados en experimentos durante las misiones a bordo en la EEI. Ante los viajes cada vez más constantes al espacio y la instalación de departamentos experimentales es probable que las interacciones entre químicos experimentales resulten potencialmente riesgosas para las funciones pulmonares. Entre las futuras funciones de la enfermería en el espacio pueden estar, valorar y evitar estos peligros mediante diagnósticos de riesgo que señalen las intervenciones para el cuidado de la salud de la tripulación, a través de filtros de carbón activado y diversos métodos para remover los químicos en el ambiente.⁶⁶

Los trajes espaciales de actividad extra vehicular también solventan las necesidades de oxigenación e hidratación, cuando los astronautas realizan paseos está indicado respirar previamente por varias horas en el traje espacial y presurizarlo, lo que significa cargarlo de oxígeno, con el fin de evitar la enfermedad descompresiva y mantener los fluidos del cuerpo en estado líquido. Los astronautas deben respirar oxígeno al 100% hasta eliminar todo el nitrógeno en el cuerpo, ya que el nitrógeno almacenado dentro del organismo durante un paseo espacial podría formar burbujas de gas y ocasionar artralgias en hombros, codos, rodillas etc. Al salir al espacio profundo los astronautas cruzan un portal especial compuesto de dos puertas, para que el aire no se escape de la nave la primera puerta se sella herméticamente y entonces se puede abrir la segunda puerta al espacio.⁶⁷

La planificación de los cuidados en oxigenación, la monitorización de los niveles de oxígeno en el ambiente y la evaluación de los equipos de soporte vital deben minimizar los riesgos de eventos nocivos para la salud y es responsabilidad del enfermero y médico astronauta el cuidado del ambiente, los niveles de función pulmonar y saturación parcial de oxígeno en sangre óptimas para la misión.

El entendimiento de los sistemas de oxigenación, ya sea simbiótica con plantas o procesos de electrólisis, son fundamentales para la enfermería espacial, tienen capital importancia en las funciones pulmonares, cardiovasculares y repercusiones directas en las constantes vitales. Además, es muy probable que en un futuro no muy distante la importancia de este proceso de oxigenación también recaiga en el mantenimiento

⁶⁶ NASA. (2015). *Human Research Program*. Obtenida, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/human_research_program_integrated_research_plan.pdf.

⁶⁷ Ladd, I. (2014). *The air we breathe*. NASA Obtenido 12, 2016, de https://www.nasa.gov/pdf/62452main_The_Air_We_Breathe.pdf.

de la enfermería como unidad médica en el espacio durante los viajes espaciales largos como el viaje a Marte y la colonización de este planeta.

2. Ventilación y hematosis.

La ventilación y el intercambio gaseoso, así como las funciones pulmonares ante los ambientes de microgravedad han sido estudiados por vías indirectas, como pruebas de aliento. Y se puede inferir en todos los casos que los pulmones son órganos con tejidos sensibles a las modificaciones gravitacionales, pero sin la presencia de modificaciones sustanciales que comprometan de manera relevante la función.

Aunque el consumo de O₂ y el desecho espiratorio de CO₂ se mantienen sin alteraciones notables hay algunos cambios dignos de atención, para establecer en relación esto la planificación de cuidados. La ventilación alveolar tiene una reducción y la presión de dióxido de carbono al final de la espiración aumenta en 2 mm Hg. No se ha establecido la etiología definitiva entre los altos niveles de CO₂ en el interior de la estación espacial o si es debido a un cambio en el control de la ventilación. En la misma dirección, el patrón respiratorio sufrió algunas modificaciones. Reducción total de la ventilación en aproximadamente 7%, aumento de la FR en 9%, también merma el volumen corriente en reposo en 15%. Esta disminución de la ventilación tidal y de FR es explicada a través de la reducción de peso abdominal y torácico, permitiendo a los músculos encargados de la ventilación organizarse a razón del entorno con microgravedad.⁶⁸

Además de la disminución marcada del espacio muerto fisiológico en las vías aéreas, aunado a la distribución del flujo sanguíneo da lugar a la reducción de ventilación alveolar y a la disminución del promedio del flujo inspiratorio en aproximadamente 10%.

La atención a la primera necesidad en la relación ventilación-perfusión debe contemplarse por el personal médico, en especial Enfermería, y comprender que la hematosis y las funciones pulmonares en general mantiene una correcta función en el espacio derivado de los efectos gravitatorios que correlacionan modificaciones comunes entre la ventilación y la perfusión. Aunque en la actividad espacial generalmente se propicia la disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire que se respira y esto puede llevar al astronauta a un estado de hipoxia. Una vez que la hipoxia se suscita y la saturación de oxígeno desciende en la sangre, estaremos hablando de una hipoxemia. (Anexo 12)

⁶⁸ Díaz M., Ayala I., et al (2016). *Medicina Espacial*. Sistema respiratorio 1st ed. CD.MX: Intersistemas, Academia Nacional de Medicina pp.165-174.

A lo largo del desarrollo de la medicina espacial se han puntualizado cinco tipos de hipoxia relacionados con la actividad aeroespacial. Correspondientes a los trastornos de presión, anemia, isquemia, estancamiento y toxicidad. Cada uno de estos tipos de hipoxia tiene su etiología en la microgravedad, no obstante, pueden ocurrir en la Tierra con pacientes de estancia prolongada y otras condiciones que lo asemejan. Esto permite correlacionar el proceso de cuidado de enfermería con las afecciones en el espacio.

La hipoxia hipobárica es recreada por la disminución de la presión parcial de oxígeno en el ambiente, como cuando se practican actividades en zonas de gran altitud o se está en una cabina no presurizada, este mismo tipo de hipoxia sucedería al perforar la astronave en el espacio o perforar el traje de actividad extra vehicular durante un paseo espacial; La hipoxia anémica debida a los efectos transitorios en la disminución del total de masa eritrocitaria, la neocitosis, un trastorno anémico muy común en los viajes espaciales que conlleva una disminución en la capacidad de transporte de oxígeno necesario a los tejidos, mejor descrito en los efectos hematológicos del espacio; la hipoxia isquémica, producto de la disminución de perfusión en algunos tejidos distales pues la redistribución de líquidos tiene dirección cefálica; por otro lado el estancamiento también puede generar una hipoxia, debido a la lenta hemodinámica producto de algunas aceleraciones aéreas, como la que tiene dirección podálica al eje longitudinal del cuerpo denominada +Gz y algunas patologías cardíacas, como la insuficiencia cardíaca congestiva, ICC; la quinta, la hipoxia histotóxica se puede dar ante la contaminación respiratoria de tóxicos como arsénico o monóxido de carbono, ya que se fijan a los eritrocitos en vez del oxígeno.⁶⁹

La valoración clínica del sistema respiratorio por parte del personal de enfermería debe tener en cuenta la cantidad de oxígeno en cabina, que en las antiguas naves mercurio era de 100% con una presión de 250 mm Hg y este fue modificado en la estación Skylab a 70% oxígeno y 30% nitrógeno para evitar el riesgo de incendios, hiperoxia crónica y la afección a la unidad alveolo-capilar. En la valoración es de gran importancia además de contemplar los valores estándar modificados de frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, estado cardiopulmonar, frecuencia cardíaca, llenado capilar y tensión arterial, vigilar el ciclo de ventilación y respiración eficaz en el astronauta.⁷⁰

Al inicio de la inspiración el aire se calienta y se humidifica a su paso por las vías respiratorias, igualándose con el cuerpo en temperatura y a través de la presión parcial de vapor de agua interno, que es de 47 mm Hg. El personal de enfermería tendrá que vigilar, por tanto, la temperatura y el flujo de oxígeno, ya que en conjunto puede ser un factor irritante de las vías respiratorias por resequedad. Este vapor de

⁶⁹ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial*. 1st ed. México: LIMUSA, Cap II pp. 27-43

⁷⁰ Ibid. p.131

agua interno causa la reducción de la presión parcial de oxígeno en el alveolo hasta 104 mm Hg de 159 mm Hg que tenía en el aire ambiente. Por consiguiente, el interesante proceso de hematosis y la valoración de su correcto funcionamiento está propiciada por la diferencia de presión del O₂ alveolar a 104 mm Hg y la presión parcial de oxígeno en las venas que llega a los capilares del pulmón, que es de 40mmHg. Esto tiene lugar en altitud cero, permitiendo que fluyan 230 ml de oxígeno de los alveolos a la sangre por minuto para su posterior transporte a los tejidos.

La valoración del conteo eritocitario para determinar diagnósticos de riesgo tiene que ver con la cantidad de O₂ captado por la hemoglobina que pasa por los capilares pulmonares, pues cada gramo de hemoglobina, Hb, capta 1.34 ml de oxígeno o dicho en otras palabras 20.1 ml de oxígeno por cada 100 ml de sangre. Permitiéndole el 100% de oxigenación tras abandonar los capilares pulmonares y tener una reducción al 97% de oxígeno y una disminución de la presión parcial de oxígeno a 95 mm Hg debido a la circulación nutricia del pulmón. Dejando la cantidad de oxígeno en sangre arterial a 19.5 por cada 100 ml de sangre.

El oxígeno es el combustible de las células, consumiéndose continuamente y propiciando una diferencia de presión respecto al líquido intersticial, llevando al O₂ dentro de las células. Aquí se encuentra uno de los más trascendentes procesos de oxigenación, puesto que este es el fin, y es el metabolismo tisular en combinación con el oxígeno, provocando el contraste en cifras de oxígeno entre las venas y las arterias. En condiciones normales los tejidos toman 5ml de oxígeno por cada 100 ml de sangre arterial, regresando la sangre por las venas hacia la vena cava con 14.5 ml de oxígeno por cada 100 ml de sangre, y una presión parcial de oxígeno de 40 mm Hg, donde vuelve a ser bombeada por el corazón a los pulmones y el ciclo de repite.⁷¹

3. Cuidados de Enfermería en la necesidad de oxigenación.

Oxigenación es la necesidad principal, implica la función respiratoria, ventilatoria y de oxigenación, esenciales para la vida. Una necesidad trascendental en la fisiología humana terrestre y sobre todo espacial, debido a que las diversas modificaciones del entorno tienen potencial riesgo sobre las funciones orgánicas pulmonares, cardíacas, hematológicas, vasculares, neurológicas y musculares. Es por ello que el profesional de enfermería debe centrar sus esfuerzos priorizando sobre esta necesidad, ya sea previo al vuelo para la clasificación de condiciones relevantes a la oxigenación en astronautas, la valoración y monitorización continua durante el viaje espacial y los planes de cuidado barométricos al regreso del astronauta a la tierra, entre otros.

Cabe señalar la diferenciación entre los conceptos; ventilación, respiración y oxigenación, ya que con fines prácticos se atenderá en este apartado la implicación

⁷¹ Ibid. p. 30

de estos en relación a las etapas del proceso de atención, la correlación con los estudios fisiológicos de medicina espacial, las tres etapas del viaje espacial y la clasificación de afecciones. "ventilación", hace referencia al proceso mecánico de inspiración y espiración de un cierto volumen de aire a la cavidad pulmonar. Entonces podemos entender la "respiración" como el fenómeno de intercambio gaseoso, hematosis, entre las presiones alveolares y sanguíneas, a nivel tisular y celular. Por otro lado, el concepto "oxigenación" se puede conceptualizar como la administración suplementaria de un fármaco, procurando el transporte del O₂ a cada célula, es decir, perfusión de oxígeno en tejidos.

El Modelo de Virginia Henderson matiza que para procurar la oxigenación es necesario contemplar de algunos aspectos ambientales, tales como la temperatura, humedad y presión. En el espacio profundo estas condiciones son no compatibles con la vida, y son reguladas directamente por la astronave, el traje de actividad extra vehicular y las cabinas de la estación espacial internacional. En ello radica la importancia de la valoración clínica semiológica e historial clínico completo del astronauta, pues los datos obtenidos pueden determinar si el estado orgánico, los comportamientos y/o conductas de los tripulantes con objeto de satisfacer esta necesidad son adecuados y suficientes.

Los datos clínicos de la necesidad de oxigenación que debe contemplar la Enfermería, independientemente de la etapa del viaje espacial, es decir, antes, durante o después. Son los relacionados con el corazón y los pulmones primordialmente, aunque se pueden conjugar más. En el sistema Cardiovascular cobra gran relevancia la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, el llenado capilar, la presión venosa central y los exámenes complementarios como el electrocardiograma o el ecocardiograma. Mientras que para la valoración respiratoria es necesario contemplar la frecuencia respiratoria, la saturación parcial de oxígeno, la permeabilidad de la Vía aérea y el estado general pulmonar. Conocer los parámetros bajo la fuerza gravitacional terrestre y la interacción entre estos, para traducirlo en intervenciones eficaces bajo ingravidez o microgravedad.

i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.

La valoración semiológica a través del método clínico previo al viaje espacial incide en la selección de astronautas mediante los aspectos pulmonares, cardíacos y vasculares. Ya que son los órganos con mayor afección ante el ámbito de microgravedad, y también son susceptibles a las modificaciones en reposo, en estrés físico y psicológico. De igual forma son los órganos que más constantes vitales ofrecen para la valoración y monitorización. El sistema cardiovascular en conjunto con el pulmonar han sido los más estudiados y valorados en las misiones espaciales.

El papel del enfermero en la valoración debe estar encaminado en la prevención, y valorar mediante el historial clínico las condiciones y procesos patológicos que tienden a la evolución desfavorable que afecta el sistema pulmonar y cardíaco del astronauta, con el fin de asegurar la salud durante el viaje espacial y la misión que realizará. Considerándose excluyente o no apto para el vuelo aquel que tenga historial de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, infartos cardíacos previos, afecciones congénitas circulatorias, fibrosis pulmonar, antecedentes de síncope de cualquier etiología, antecedentes de arritmias o fibrilación auricular. En la anamnesis es importante que el enfermero clasifique los signos y síntomas referidos por el astronauta en el pasado como disnea, astenia, edema, dolor precordial, variaciones en la presión, soplos, cianosis, mareos o fatiga crónica.⁷²

Es de considerarse mediante el juicio clínico del valorador si los factores de riesgo modificables son factores de inclusión o exclusión para el viaje espacial, es decir sedentarismo, obesidad, alcoholismo o tabaquismo, siempre que sean leves.

El examen físico debe seguir los mismos lineamientos del método clínico palpación, percusión, auscultación e inspección. Tiene el fin de encontrar los indicios que clasifiquen o no a los aspirantes a piloto aviador o astronauta, y depende de los diferentes estándares de las agencias espaciales internacionales y las necesidades específicas de cada misión. En relación a las funciones pulmonares deberá existir una correcta hematosis y expansión torácica, buena ventilación y buena coloración a la inspección, a la auscultación campos pulmonares permeables y sin ruidos cardíacos agregados. Las cifras aceptables compatibles con el vuelo en tensión arterial no deberán rebasar los 140/90 mm Hg, además debe incluir un examen completo de tórax y sistema respiratorio que incluya el tipo respiratorio, frecuencia respiratoria y cardíaca, ritmo, profundidad y patrones ventilatorios. Así como una auscultación que contemple focos pulmonares y cardíacos. Aunado a esto se harán pruebas de laboratorio y exámenes de gabinete como radiografía de tórax, electrocardiograma, electrocardiograma en esfuerzo, mesa de posiciones o tolerancia a la centrífuga humana. Independientemente del grupo de clasificación astronauta, pilotos clase 1, especialistas en la misión clase 2 o especialistas de carga útil clase 3, la valoración tendrá los mismos requisitos de clasificación previa al vuelo.^{73 74}

El juicio clínico de cuidados espaciales logra la categorización diagnóstica de las afecciones que repercuten a la oxigenación y éstas entre otras pueden ser de riesgo o potenciales, por ejemplo, patrón respiratorio ineficaz relacionado con obesidad,

⁷² Hamilton DR, Murray JD., et al. *Cardiac Health for astronauts: coronary calcium scores and RCP criteria for selection and retention*. Aviat space Environ Med, 2006; pp 377-387.

⁷³ Llanio, R. (2005). *Propedéutica clínica y semiología médica*. 1st ed. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas. Cap IX p 93

⁷⁴ Iglesias, R. Op. Cit., p.145

dolor o ansiedad entre varios y manifestado comúnmente por disnea, taquipnea o disminución de las fases de inspiración o espiración. Otro ejemplo de diagnóstico de enfermería producto de la valoración previa al vuelo podría ser la disminución del gasto cardiaco con relación a alteraciones de ritmo, volumen sistólico, frecuencia cardiaca o contractilidad, con una manifestación sintomática de arritmias, taquicardias, bradicardias, piel fría y diaforesis o cambios de coloración.⁷⁵

Las intervenciones están enmarcadas en la prescripción de acondicionamiento físico y resistencia cardiaca y pulmonar, con planes de cuidado que señalen a entrenamiento físico de tipo cardiaco para la tolerancia en el viaje espacial, este puede ser de meses o años previos. Generalmente los cuidados médicos previos al vuelo están encaminados a realizar ejercicios que repercuten en el sistema cardiovascular, estos son los denominados cardiovasculares o aeróbicos, y se indica entrenamientos que consisten en horas de marcha en banda sin fin o bicicleta. Los candidatos a astronauta o pilotos aviadores llevarán un plan estricto de monitorización continúa hasta estar en óptimas condiciones para poder ser aptos al viaje espacial.

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.

La valoración clínica de las funciones pulmonares a bordo de la astronave, tiene su expresión en los signos y síntomas ventilatorios y de oxigenación, se han hecho estudios de la valoración pulmonar de maneras indirectas como espirometría y se han estudiado las fases de exhalación para comprender la ventilación.⁷⁶ Pero los parámetros más relevantes para la valoración clínica son los que refiere el mismo astronauta, procedentes de los signos y síntomas como disnea, cefalea, hipotensión, tinnitus, fosfenos, diaforesis, astenia, taquipnea o bradipnea, además de ser complementarios por auscultación pulmonar y oximetría de pulso dentro de la nave. Por otra parte, la valoración del sistema cardiovascular incluye la valoración clínica mediante el registro de la tensión arterial tomado en cuenta la modificación debido a la serie de adaptaciones tempranas como la redistribución de líquidos, los aspectos hemodinámicos como el volumen sanguíneo central o el gasto cardíaco y los efectos tardíos como la atrofia cardíaca y las arritmias cardíacas.⁷⁷ Otro tipo de valoraciones son las desarrolladas por la telemedicina, como la telecardiología que incluye la frecuencia cardiaca, tensión arterial, electrocardiograma y noumograma; o la valoración a través de imagenología médica avanzada. Es valioso señalar que la

⁷⁵ N.A.N.D.A.(2001) Diagnósticos enfermeros: Definiciones y clasificación 2001-2002. Madrid: Harcourt.

⁷⁶ Díaz M., Ayala I., et al (2016). *Medicina Espacial*. Sistema respiratorio 1st ed. CD.MX: Intersistemas, Academia Nacional de Medicina pp.168.

⁷⁷ Levine B, Bungo M (2010) *Cardiac atrophy and diastolic dysfunction during and after long duration space flight: Functional consequences for orthostatic intolerance, exercise capability and risk for cardiac arrhythmias*. Obtenido 12, 2016, de http://www.nasa.gov/mission_pages/station/science/experiments/IntegratedCardiovascular.html.

mayoría de los signos y síntomas ajenos al sistema cardiopulmonar son producto de la redistribución de líquidos, por ello es de central interés para la monitorización el registro de la presión venosa central.⁷⁸

Una vez más se conjuga el juicio clínico para determinar y categorizar los diagnósticos de enfermería que señalen las intervenciones de cuidado posteriores. Debido a que algunos de estos signos y síntomas son producto del ambiente espacial y generan una perfusión periférica ineficaz, invariablemente relacionada con la microgravedad, es que la serie de manifestaciones clínicas pueden abarcar mareos, parestesia, dolor, palidez, disminución de la velocidad de cicatrización o disminución de pulsos periféricos. Otro de los grandes problemas en el espacio es el riesgo de sufrir un deterioro en el intercambio de gases, relacionada probablemente con un desequilibrio en la ventilación perfusión o una exposición repentina a cambios en la presión y saturación de oxígeno ambiental, con manifestaciones sintomáticas que comprenden agitación, aleteo nasal, cianosis, confusión, síncope, diaforesis, disnea, hipoxia e hipoxemia, taquicardia, dolor o alteraciones gasométricas.⁷⁹

Las intervenciones para ante estas afecciones de oxigenación estarán encaminados a suministrar el oxígeno suplementario necesario, manejar la vía aérea básica o avanzada según lo requiera, equilibrio de ácido base, disminución de la ansiedad y manejo de alergias, asma, shock o en los casos más extremos reanimación cardiopulmonar. La mayoría de los cuidados e intervenciones aledañas a este tipo de afecciones pueden incluir punción y terapia intravenosa. La prevención de infecciones respiratorias de clase II o III ya que el ambiente espacial es un entorno que propicia aún más las infecciones, además de la baja leucocitaria. Los cuidados se llevarán mediante las medidas sanitarias mismas que en la Tierra.⁸⁰

Las medidas terapéuticas en el espacio o mejor descritas como contramedidas, incluyen la ministración de fármacos básicos contenidos en el botiquín dentro de la estación espacial internacional, tales como antibióticos, analgésicos, adrenalina, dexametasona, nitroglicerina, lidocaína, morfina, atropina, soluciones y hemoglobina artificial entre otros, con el fin de atender a las demandas hemodinámicas del paciente. También la indicación de ejercicios como plan de cuidados a bordo mejorará la circulación y por ende todos los signos y síntomas derivados de la afección de dicho sistema. Estos pueden ser marcha en banda sin fin, uso de la bicicleta fija y ejercicios de resistencia con liga, en las misiones prolongadas es recomendable realizar de dos

⁷⁸ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, Life Support System, pp.305-338. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf. pp. 156-157

⁷⁹ Prisk GK. (2014) *Microgravity and the respiratory system*. Eur Respir J.p. 43.

⁸⁰ West J (2012) . *Respiratory physiology – the essentials*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

a cuatro horas diarias repartidas en sesiones para evitar la atrofia muscular en astronautas, además de la monitorización continua.⁸¹

La evaluación de las intervenciones está mediada por el uso de la monitorización continua de signos vitales, actualmente existen múltiples accesorios de dispositivos corporales o "woreables" que mantienen la monitorización vital constante del astronauta. Además, se suma la evaluación de las ejecuciones en el examen de gasometría arterial, monitorización de líquidos y exámenes por telemedicina.

iii. Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.

El retorno desde el espacio en la readaptación implica someterse a la fuerza de gravedad de la Tierra y el organismo sufre esta condición, pues ya ha cruzado por un proceso de desadaptación en microgravedad. El ambiente sin gravedad lleva al organismo a una adaptación fisiológica de todos los sistemas y el periodo de incapacidad posterior al vuelo espacial puede tardar meses. Será trabajo del profesional de enfermería prever durante el vuelo la disminución de las complicaciones al regreso a la Tierra y aplicar contramedidas necesarias.

La fisiopatología más común al retorno del astronauta a la Tierra es el síndrome de intolerancia ortostática, implica la suma de signos y síntomas con etiología en los procesos hemodinámicos de readaptación gravitacional. Está íntimamente relacionado con la necesidad de movilidad y postura, y es deber de la enfermería valorar todos los procesos de readaptación para generar juicios clínicos congruentes a la fisiopatología.

El diagnóstico enfermero de retorno a la tierra podría ser intolerancia ortostática relacionada con síndrome de desuso y trastornos hemodinámicos por alteración gravitacional manifestado por taquicardia, hipotensión, disminución del pulso arterial, síncope o astenia. Además, experimentan la sensación de un gran peso añadido, dificultad para la bipedestación y afecciones visuales como "gray out" o "black out".

La valoración para la intolerancia ortostática después del aterrizaje de las tripulaciones espaciales puede incluir diferentes pruebas, por ejemplo, la evaluación médica integral que consiste en colocar al astronauta en posición supina durante cinco minutos, 10 minutos en posición de pie con la espalda pegada a la pared y los talones separados 15 cm, se registra la presión arterial cada minuto y se toma una derivación del electrocardiograma continuamente durante la prueba. También se puede incluir la mesa de posiciones, para colocar sujeto en 70° y así valorar su

⁸¹ Gilles, C. Op. Cit., pp. 171-175

respuesta, la aplicación de presión negativa en la parte inferior del cuerpo, ejercicio físico, ecocardiograma y electrocardiograma.⁸²

Esto es debido al desplazamiento en dirección podálica del 20% de la sangre, la disminución del volumen total de sangre en 15% o 20%, aunado a la anemia neocitolítica. La disfunción de baroreceptores y arcoreflejos se encuentra deteriorada, hay una disminución de la respuesta vasoconstrictora en miembros inferiores y por consiguiente la disminución del gasto cardíaco, retorno venoso y la perfusión cerebral.⁸³

Las intervenciones de enfermería y para contrarrestar los efectos de intolerancia ortostática por ingravidez se pueden dividir en dos, Los cuidados preventivos al aterrizaje y las intervenciones de cuidado en la rehabilitación. Afortunadamente el sistema cardiovascular tiende a la pronta adaptación tanto en ingravidez como a 1G, por otra parte, el sistema pulmonar no sufre modificaciones notables ante la diferencia de gravedades. Pero ambos sistemas inciden en los signos y síntomas ocasionados al regreso a la Tierra, específicamente la vascularización. Es por ello que las intervenciones de enfermería podrán estar abocadas a contrarrestar los efectos de ingravidez con preparativos previos.

Algunas de las medidas preventivas más sencillas están relacionadas con la ingestión de solución salina o jugo antes del aterrizaje, acompañado de la ingestión de cloruro de sodio. Esto debido al estado de hipovolemia y disminución eritrocitaria, para evitar la hipotensión arterial e hipoperfusión cerebral. El ejercicio físico también es una contramedida preparativa para disminuir los efectos de la ingravidez. Por otro lado, los dispositivos preparativos a los efectos de ingravidez al regreso de la tierra cobran relevancia, como son el uso de traje anti-G, que consiste en una vestimenta neumática que aplica una presión positiva al cuerpo en la región de las piernas y el abdomen. Así como también el uso de presión negativa en la parte inferior del cuerpo, que basa su función en El desplazamiento de los líquidos superiores a la región podálica, aunque no hay evidencia significativa de las ventajas contra la intolerancia ortostática postvuelo.⁸⁴

Es en los primeros instantes de regreso del astronauta a la tierra cuando inicia los cuidados médicos de readaptación. El programa de rehabilitación médica además de la reposición de líquidos puede incluir inotrópicos para regular la fuerza contráctil, procurando una rápida actuación, la intolerancia ortostática puede disminuir a los

⁸² Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial*. 1st ed. México: LIMUSA, Cap XIV pp. 182.

⁸³ Palomino Q., F., Bautista T., L. y Garcia O., M. (2016). *Neocytolisis*. Scielo.org.co.Obtenido 12, 2016, de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562009000100017

⁸⁴ Iglesias, R. Op. Cit. p. 186.

pocos días o semanas después del aterrizaje. Los cuidados de rehabilitación esperan remediar también las anomalías de frecuencia y ritmo cardíaco, hipotensión y respuestas cardiorrespiratorias. Aunque todo esto lleva tiempo, planes de cuidados prolongados en relación al tiempo de estancia en el espacio, evaluaciones constantes para medir las mejoras de adaptación y monitorización.⁸⁵

⁸⁵ Bungo, M. and Levine, B. (2016). *NASA - Cardiac Atrophy and Diastolic Dysfunction During and After Long Duration Spaceflight: Functional Consequences for Orthostatic Intolerance, Exercise Capability and Risk for Cardiac Arrhythmias*. Nasa.gov. Obtenida, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/652.html.

VI. Movimiento y postura en entorno de microgravedad.

Probablemente la necesidad de movilidad y mantenimiento postural sea el principal riesgo para los astronautas en el espacio y a su regreso, por eso, en el siguiente capítulo conoceremos de manera complementaria a los principios de fisiología espacial sobre el sistema osteomioarticular, la implicación del rol del enfermero y los cuidados clínicos a esta necesidad, los principios físicos que tienen inferencia en la etiología de las patologías musculares u óseas, hablaremos sobre algunas pruebas usadas en los programas de la NASA, en los que se imitan las condiciones fisiológicas espaciales y cómo estas experimentaciones se correlacionan con estados patológicos terrestres y abren un horizonte de intervención a bordo de la nave espacial, de planificación previa al viaje y de rehabilitación a su regreso a la Tierra. Conoceremos los equipos actuales de ingeniería especializada para el cuidado de esta necesidad, como ajustarlo a un plan de cuidados y cuál es su importancia clínica.

1. Necesidad de movimiento y postura.

Movilidad y postura es la cuarta necesidad descrita por Virginia Henderson, corresponde al dominio de las necesidades orgánicas, ya que corresponde al sistema muscular, esquelético y articular. Este sistema denominado SOMA, que sirve para dar estructura y soporte corporal se verá afectado críticamente durante el desarrollo de la vida, de la infancia a la vejez con los procesos fisiológicos propios de la formación y deterioro, estos son estudiados por la medicina desde muy cerca, y en el espacio por la medicina del deporte, la enfermería, la fisioterapia y debido a las múltiples afecciones ahora por la medicina espacial, lo que implica una revisión de la enfermería para comprender y establecer medidas de cuidado a este sistema.

La formación de huesos y músculos son resultado de la prolongada exposición de la fuerza gravitacional terrestre 1G y los ejercicios de resistencia osteomuscular durante toda la vida. Esta formación está constituida por la replicación celular de calcio y proteínas provenientes de la nutrición, pero en microgravedad la disminución a la exposición gravitacional acarrea disminución en el volumen, fuerza y masa en el músculo, además en el hueso existe una acentuada pérdida de calcio y pérdida de minerales de donde proviene su fuerza y densidad ósea, independientemente del grado de ingesta de estos nutrientes. Ante esta experimentación en afecciones nocivas de ambientes de microgravedad que deterioran los músculos y los huesos durante el vuelo, la ciencia de los cuidados médicos se ha planteado las estrategias para atender cuestiones como, si es permanente o reversible, si existe la capacidad orgánica para sustentar viajes largos o colonizaciones extraterrestres, como es el caso del proyecto "Journey to Mars", y planificar las terapias para contrarrestar los

efectos deletéreos de la exposición, así como establecer los planes de cuidado y rehabilitación posteriores a la estancia prolongada en las estaciones espaciales.⁸⁶

La cuarta necesidad de Henderson se divide en dos. Movimiento, que está dado por la aplicación física de huesos, músculos y el sistema nervioso periférico; y por otro lado postura, relacionado con la posición que ocupa el cuerpo con respecto a la tierra y la gravedad, ya que en el espacio no existe una referencia de postura dado a que no hay gravedad esta necesidad se ve muy afectada, y los órganos directamente afectados son los otolíticos u órganos vestibulares periféricos, constituidos por el sáculo y el artículo. El control de la postura depende de estos órganos en todos los mamíferos, pues incluye la información propioceptiva, vestibular y visual. Así mismo la posición en bipedestación para los seres humanos es gestionada por los órganos otolíticos, que además tiene un papel fundamental en la capacidad sensorial de la aceleración lineal y angular de la cabeza. En este apartado trataremos por separado ambas partes de la necesidad, con el fin de establecer cuidados especializados en cada una de ellas y clasificar los diagnósticos y valoraciones por separado. Es importante señalar que la dependencia encargada de esta necesidad en la NASA es la “*Astronaut Strength, Conditioning and Rehabilitation*” o Fuerza, Acondicionamiento y Rehabilitación de los Astronauta.^{87 88} (Anexo 13)

La correlación para la atención de los cuidados médicos en la necesidad de movilidad y postura en el espacio tiene su semejanza a la fisiopatología provocada por estancias largas en cama, denominado síndrome de desuso. Ambas coinciden en los procesos de desadaptación. De la misma manera que la inactividad en la unidad de cuidados críticos propicia un deterioro generalizado de los órganos, sistemas corporales y en especial del sistema osteomioarticular la exposición a los ambientes espaciales con microgravedad acarrea atrofia muscular y ósea. Afectando primordialmente a los músculos antigravitorios como son el conjunto muscular dorsal, glúteos, cuádriceps, y gemelos. De la misma forma se puede correlacionar el riesgo de lesión y compromiso de actuación durante las AEV con enfermedad descompresiva aguda, y previo al viaje con un entrenamiento deportivo extenuante. Además, existe una compatibilidad con los planes de cuidados físicos a deportistas de alto rendimiento para la preparación de eventos deportivos como los Juegos Olímpicos, Y los estándares de clasificación física para indicar si un astronauta es apto para la misión. A esto se incluye los cuidados concomitantes a las terapias de rehabilitación en pacientes geriátricos que sufren osteoporosis y sarcopenia en la rehabilitación física

⁸⁶ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, Vestibular function, pp.99-126. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/_d-havafaza/Documents/2011Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf. p.181

⁸⁷ Young LR (1993) *Space and the vestibular system: What has been learned? Guest editorial*. Journal of Vestibular Research 3: 203–206

⁸⁸ Gilles, C. Op. Cit. p.96

del astronauta con el regreso a la Tierra. En otra dirección los efectos secundarios de las variaciones vestibulares en el espacio en conjunto como sus signos y síntomas, tiene una cierta semejanza al síndrome vestibular generado tras una larga estancia y descenso de un barco. Todas estas afecciones son susceptibles de ser contrastadas con patologías terrestres para establecer diagnósticos y planes de cuidado equivalentes, salvo las modificaciones de condiciones que lógicamente no se encuentran en el espacio, ejemplo de esto sería la incapacidad de formar úlceras por presión (UPP).⁸⁹

Incluso el estudio fisiológico más compatible para las condiciones especiales consiste en la investigación a partir de colocar a un sujeto en reposo, acostándose en posición supina con la cabeza abajo 6°, esta técnica de reposo es denominada "*head-down bed rest*" (HDBR). Debido a que la redistribución de líquidos se establece de forma homogénea al igual que en el espacio. Los efectos deletéreos documentados de esta práctica son en cierta medida similares a las consecuencias de inmovilidad. El clinostatismo repercute en todo el organismo y sistemas, ejemplo de esto es, el sistema gastrointestinal y estreñimiento; El sistema cardiocirculatorio implica modificaciones por hipotensión postural y aumento de la frecuencia cardíaca; El sistema renal afecta con cálculos renales y retención urinaria; El efecto metabólico de inmovilidad genera una disminución en la tasa metabólica y resistencia a la insulina; en el espacio no se ve afectada el tejido cutáneo por úlceras de presión; Y la función cognitiva y psicológica ante la inmovilidad y la micro gravedad repercute generando estrés, ansiedad, confusión y desorientación. Por su puesto una afección más añadida a la estancia prolongada de clinostatismo o exposición a la microgravedad será la sarcopenia, aceleración de osteoporosis e intolerancia ortostática, en bipedestación y marcha.⁹⁰

2. Cuidados de enfermería en la necesidad de movimiento y postura

i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.

Los astronautas no solo tienen que estar preparados para el trabajo científico propiamente dicho que desarrollarán en la misión, también tienen que estar preparados físicamente para poder soportar las funciones mínimas para lograr proceder con la misión. Estas funciones orgánicas, en especial las del sistema osteomioarticular deben estar en estado óptimo como requisito para la clasificación

⁸⁹ NASA, (2015). *RISK OF INJURY AND COMPROMISED PERFORMANCE DUE TO EVA OPERATIONS*. Human Health and Countermeasures Element. Houston: Johnson Space Center, pp.2-22. Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/EVA.pdf?rnd=0.908105611292695>. p.38

⁹⁰ Carrillo, R. and Diaz, J. (2015). *Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad*. Obtenido 12, 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153c.pdf> p.18

de aptitudes en astronautas al igual que en pilotos aéreos, aunque el margen de los pilotos aéreos, sobre todo los comerciales, suele ser más amplio en funciones musculares u óseas. Es por ello que desde la enfermería se debe valorar para clasificar y prever las afecciones durante el vuelo y post vuelo.⁹¹

La valoración debe iniciar con una anamnesis focalizada en relación a los síntomas habituales, para descubrir indicios de enfermedades osteomusculares, la anamnesis focalizada meticulosa puede ser el principio de selección para revelar síntomas previos como dolor o molestias, debilidad, limitación del movimiento en alguna articulación, o ausencia de equilibrio y coordinación. Además, será necesario valorar la postura con el fin de descartar escoliosis, marcha inestable, será preciso valorar movilidad y equilibrio con la escala Tinnetti y prueba de romberg para buscar ataxia sensitiva o alguna afección vestibular, coordinación y exploración de las extremidades. Cabe señalar que la NASA coloca el estándar para candidatos a astronauta en una altura de entre 1.57 m a 1.91 m. Es necesario además un examen físico mediante el método clínico, la valoración semiológica del SOMA puede ser muy larga, pero es crítica, sobre todo en astronautas. Los aspectos fundamentales a considerar son simetría estructural y alineación, facilidad y amplitud del movimiento, masa y tono muscular, fuerza muscular, apariencia de la piel sobre las articulaciones, dolor, crepitación y deformidades. Puesto que la masa, tono y fuerza cobran vital sentido durante el vuelo es imprescindible describir su nivel en los músculos de todas las regiones, para esto existen escalas especiales como Daniels. Aunque es raro encontrar síntomas de inestabilidad en pilotos, es posible encontrar ataxia, artralgia, mialgia o escoliosis, además se considerará de alto riesgo para la salud pues implica un desarrollo acelerado de osteoporosis en viajes espaciales de larga duración a sujetos ancianos, raza blanca, mujeres, somatotipo ectomórfico, historial de anorexia, carga genética de osteoporosis, condiciones crónicas, alcoholismo o tabaquismo. La NASA actualmente considera no apto para vuelos aeroespaciales a los candidatos con obesidad, dificultades vasculares y problemas de drogadicción. La valoración clínica debe ser complementada con exámenes de rayos x, densitometrías óseas y pruebas de gabinete generales.^{92 93}

La clasificación de los juicios clínicos que emanan de la valoración meticulosa del sistema osteomioarticular en astronautas implica establecer diagnósticos de bienestar mayormente, que generen planes de cuidado que incluya ejercicio físico, esto podría estar contemplado por la "Fuerza, Acondicionamiento y Rehabilitación de los

⁹¹ NASA (2010) *Why Do Workouts Work?* Obtenido 12, 2016, de: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/10dec_muscles/

⁹² NASA, (2008). *Evidence Book Risk of Accelerated Osteoporosis*. 1st ed. [ebook] Houston: NASA, pp.2-22. Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/Osteo.pdf?rnd=0.818777716634226>.

⁹³ Llanio, R. (2005). *Propedéutica clínica y semiología médica*. 1st ed. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas. pp 62

Astronauta” de la NASA. Un ejemplo podría ser, la disposición para mejorar el autocuidado manifestado por la expresión de deseos de optimizar su salud física y el plan de intervenciones de cuidado estará enfocado a la preparación de entrenamiento físico y nutricional del astronauta. La prescripción de las intervenciones en la NASA se sustenta con los programas de investigación humana y los programas de entrenamiento. El “*Astronaut Candidate Training Program*” o programa de entrenamiento para candidatos astronautas incluye dos años de entrenamiento, donde se realizan ejercicios que imitan la gravedad cero, como el simulador autónomo de locomoción en ingravidez donde se somete al sujeto simular la caminata sin gravedad; Tiempo de reposo prolongado en cama, para conocer las respuestas fisiológicas; El entrenamiento de inmersión en agua, que consiste en la recreación de la estación espacial internacional dentro de una gran piscina donde los astronautas practican la actividad extravehicular (Anexo 14), la inmersión imita muy fidedignamente la dificultad de movimiento en el espacio e incluso expresa la sintomatología al poco tiempo, como disminución total de plasma, redistribución de líquidos e intolerancia al ortostatismo, vuelos parabólicos y cámaras barométricas.⁹⁴

95

La evaluación de esta necesidad previa al vuelo, supone la aprobación de exámenes físicos generales que son requisito para las misiones en el espacio. Desde la monitorización general del estado del sistema osteomioarticular, pruebas de densidad y fuerza hasta los test de capacidad física desarrollados por la NASA. Estos son, el test de nado que consiste en una serie de pruebas de nado de alta intensidad, donde se le pide al candidato a astronauta que nade durante determinado tiempo alguna distancia, posteriormente la tarea se complejiza pues tendrá que nadar con traje espacial. También es necesario que acredite las pruebas de habilidad en el control de movimiento robótico, completar el programa de entrenamiento de actividad extra vehicular y el programa de entrenamiento específico de la estación espacial internacional. Así como el conocimiento y uso de la banda sin fin C.O.L.B.E.R.T. (Anexo 15) que será usada durante el viaje espacial como contramedida al deterioro de la movilidad.

Sin duda los criterios de inclusión al programa espacial tienen un margen bastante estrecho y estricto que reta a las capacidades humanas, debido a ello se vuelve

⁹⁴ NASA, (2016). *Exercise Countermeasures*. YouTube. 1:00-44:00. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.youtube.com/watch?v=WL-ArtlrjLw>.

⁹⁵ N.A.N.D.A.(2012) Diagnósticos enfermeros: Definiciones y clasificación. Madrid: Harcourt

evidente impulsar programas de cuidado a la salud física, muscular y ósea, por parte de enfermería previo al viaje espacial.^{96 97}

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.

Los astronautas se someten durante el viaje espacial a un estrés permanente, que va desde las aceleraciones de la nave espacial para entrar en órbita hasta la exposición del cuerpo a la microgravedad, por ende, al desuso, así como el estrés barométrico de su regreso a la Tierra. Este periodo de estrés a bordo de la nave espacial pone en riesgo críticamente la salud de todos los tripulantes, pues supone osteopenia acentuada a razón de 1 a 2 por ciento de masa ósea al mes, acompañada de la pérdida crónica y degenerativa de la masa muscular y fuerza, se estima que podría llegar a cifras de hasta el 50% sin contramedidas durante el vuelo. Añadido a todo esto los retos de movilización en ingravidez son aumentados y la condición postural sufre estrés vestibular. Es característico de los viajes espaciales el riesgo que hay sobre el cuerpo, las intrincadas condiciones y las arduas misiones que requieren un gran esfuerzo físico. Para el cumplimiento de la misión es que se combinan todos los preparativos físicos planificados desde la Tierra y así lograr una exitosa actividad extra vehicular, o E.V.A. por sus siglas en inglés, ya que requiere extenuantes jornadas con el traje espacial fuera de la nave. La Enfermería tiene un gran compromiso en el cuidado de la salud física, establecer valoraciones y diagnósticos individuales por astronauta, para poder acoplar las intervenciones diseñadas indicadas por la NASA en los programas físicos para astronautas como “Fuerza, Acondicionamiento y Rehabilitación de los Astronauta.”⁹⁸

La valoración del estado del sistema osteomioarticular a bordo de la nave espacial se ha hecho a partir de investigaciones clínicas a astronautas en la estación espacial internacional, propiamente en el Skylab, con la razón de poder establecer una medida general y parámetros que correlacionen el tiempo de exposición a la microgravedad con la osteopenia y sarcopenia. La valoración individual durante el viaje espacial tiene que estar dirigido a interpretar los signos y síntomas manifestados por el astronauta, además de analizar los datos arrojados por instrumentos de valoración de masa muscular en el espacio, los análisis sanguíneos y los exámenes generales de orina.

⁹⁶ ESA, (2010). *Exercise Countermeasures and Related Diagnostics*. Nasa.gov. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/505726main_ESA_Exercise_Countermeasures_And_Related%20Diagnostics_Devices_Technologies.pdf.

⁹⁷ NASA, (2015). *RISK OF INJURY AND COMPROMISED PERFORMANCE DUE TO EVA OPERATIONS*. Human Health and Countermeasures Element. Houston: Johnson Space Center, pp.2-22. Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/EVA.pdf?rnd=0.908105611292695>. p. 39

⁹⁸ Gilles, C. Op. cit. p. 181.

A la valoración clínica es posible captar por inspección el decremento de la masa muscular en el volumen de la pierna, esta disminución es conocida como el “síndrome de piernas de pollo” muy común en astronautas, esto está relacionado con la valoración somatométrica del perímetro de la pierna, que apunta generalmente a una disminución del 15 al 20 por ciento tras el tercer mes de misión. El valorador debe estar consciente que no encontrará la misma atrofia muscular en todos los sujetos o en todos músculos, por tanto, vale la pena entender que habrá mayor atrofia en los músculos antigravitatorios que en los brazos, aunque todos los músculos son susceptibles de una valoración semiológica es necesario modificar las técnicas clínicas y escalas de medición para poder categorizar las funciones musculares.^{99 100}

La valoración del sistema óseo puede tener un referente en la tierra con la valoración de los sujetos sedentarios, de hecho, a los astronautas se les considera médicamente hipersedentarios, esto incluye datos de análisis en uresis y muestras coprológicas para clasificar la cantidad de nitrógeno perdido, relacionado con las enzimas proteicas y la cantidad de calcio perdido, indicador de la densidad ósea. Estudios de valoración de esta necesidad en la estación espacial internacional han incluido el análisis de rayos x modificado, estudios de densitometría ósea y absorciómetro de doble fotón. La semiología que puede acompañar a estas afecciones puede ser astenia, anorexia, fragilidad ante fracturas y dolor. El grado de afección guarda relación con el estado físico del astronauta, la edad, la raza, el género y el grado de exposición a la microgravedad.¹⁰¹

Los efectos sobre el SOMA de aceleración y gravedad cero constituyen la base fundamental para categorizar diagnósticos sobre la necesidad, la mayoría de estos serán reales y de riesgo, algunos de estos podrían ser; El marcado riesgo de fracturas relacionado con la baja densidad ósea, osteopenia y altos niveles de calcio en diuresis, el riesgo de fracturas es latente en los astronautas durante y posterior al vuelo; Riesgo de síndrome de desuso relacionado con hipersedentarismo producto de la ingravidez, este riesgo ha sido muy estudiado y es un reto actual para las misiones tripuladas largas; Astenia o sensación abrumadora de la capacidad para realizar las actividades diarias y está relacionado con condiciones propias del entorno espacial como son estrés, anemia, privación del sueño, entre otras y; Deterioro de la movilidad física relacionado con el tiempo de exposición a la ingravidez

⁹⁹ Cruz, A. and Pierre, J. (2010). *Sarcopenia: consenso europeo sobre su definición y diagnóstico*. Oxford University Press, Volumen 39(Número 4),. Obtenido 12, 2016, de: http://www.sarcopenia.es/pdf/age_and_ageing.pdf. pp. 412–423

¹⁰⁰ NASA, (2015). *Risk of Impaired Performance Due to Reduced Muscle Mass, Strength, and Endurance*. Human Research Program. Houston, Texas: Johnson Space Center, pp.28-32. Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/Muscle.pdf?rnd=0.623030933841612>.

¹⁰¹ LeBlanc A et al. (2010) *Bisphosphonates as a Countermeasure to Space Flight Induced Bone Loss*. Obtenido 12, 2016, de: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/science/experiments/Bisphosphonates.html.

manifestado por la disminución de la masa musculoesquelética, osteopenia y sarcopenia. Todos estos juicios clínicos de enfermería tienen una unificación de los planes de intervención en lo que a astronautas se refiere, esto es el establecimiento de autocuidados a través de la terapia enfocada en actividad física y ejercicios. ^{102 103}

El plan de cuidados e intervenciones específicas para tratar esta cuarta necesidad según Henderson, estarán enfocados en entrenamientos que pretenden mantener la salud física del equipo de la misión, proteger la funcionalidad y capacidades orgánicas. Así como minimizar la pérdida de fuerza, flexibilidad, coordinación, funciones metabólicas, circulatorias, óseas y musculares. Prevenir las lesiones derivadas del síndrome de desadaptación espacial. A través de intervenciones que busquen coordinarse con los programas de ejercicio físico abordado compuestos por dos horas al día por seis días a la semana como mínimo, con hora y media de entrenamiento de resistencia y una hora de ejercicio metabólico. Por entrenamiento metabólico entendemos todo aquel ejercicio desarrollado con la finalidad de elevar temporalmente la tasa metabólica y, por tanto, el consumo calórico. Resulta determinante entender que todo entrenamiento o plan de ejercicios cuenta con un efecto térmico residual, también llamado EPOC (*Excess Post exercise Oxygen Consumption*), que no es más que el consumo calórico derivado de la recuperación del propio entrenamiento. ^{104 105}

Los protocolos de ejecución para el entrenamiento metabólico constan de intervalos de 10-50 minutos de ejercicio mantenido en el ritmo ya sea en bicicleta ergométrica, banda sin fin C.O.L.B.E.R.T con un límite de estrés en la frecuencia cardiaca de 70 a 100%, aumentando la carga e intensidad durante toda la misión. Cabe mencionar que es necesario un arnés atado al cuerpo del astronauta que ejerce una fuerza similar al peso del sujeto contra la banda sin fin, con el fin de imitar la fuerza de resistencia gravitacional terrestre en el espacio. Por otro lado, el entrenamiento de resistencia inicia con cargas determinadas en el entrenamiento prevuelo y aumentan durante la misión. Los entrenamientos de resistencia y metabólicos tienen segmentaciones internas para ejercitar diferentes partes del cuerpo, están organizados en diferentes sesiones que los combinan donde se aumenta la carga, la intensidad y la frecuencia

¹⁰² N.A.N.D.A.(2012) Diagnósticos enfermeros: Definiciones y clasificación. Madrid: Harcourt.

¹⁰³ Cavanaugh PR, Rice AJ (2007) *Bone Loss During Space Flight: Etiology, Countermeasures, and Implications for Bone Health on Earth*. Cleveland, OH: Cleveland Clinic Press

¹⁰⁴ NASA. (2016). *Exercise Physiology*. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/content/exercise-physiology>.

¹⁰⁵ LeBlanc A et al. (2010) *Bisphosphonates as a Countermeasure to Space Flight Induced Bone Loss*. Obtenido 12, 2016, de: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/science/experiments/Bisphosphonates.html.

cada semana, con el fin de mantener al cuerpo en un estado dinámico de entrenamientos múltiples.^{106 107}

Acompañados de un estado nutricional óptimo que contempla una ingesta calórica, proteína, calcio y otros nutrientes que están asociados con metabolismo óseo, incluyendo fósforo, sodio, potasio y magnesio, no tienen límites o requisitos que son específicos para el ambiente de microgravedad. La monitorización de la capacidad física se mantiene en la evaluación, con una revaloración periódica de las condiciones osteomioarticulares en las que se incluyen los mismos exámenes que en la valoración inicial, se analiza y se reajustan los planes de cuidado y entrenamientos a bordo de la nave espacial. Las contramedidas siguen siendo estudiadas por todas las agencias espaciales del mundo, pues se mantiene la intención internacional en los viajes interplanetarios y la colonización. Todo ello supone un reto de adaptación en condiciones gravitacionales menores a 1G. (Anexo 16)

iii. Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.

El ser humano vive desde su nacimiento el inicio la adaptación gravitacional. Dejar de gatear, los primeros pasos y sostenerse por sí solo son indicadores de desarrollo físico pediátrico. Durante su juventud el hombre transita por la Tierra a la que está constantemente sometido a la fuerza de aceleración gravitacional, logrando un crecimiento y desarrollo sobre el sistema osteomioarticular que lo vuelve apto para su supervivencia. Más tarde durante su senectud sufre una desaceleración en el crecimiento celular de osteocitos y miocitos, pero sigue expuesto a la misma fuerza gravitacional, lo que acarrea afecciones sobre su capacidad de movilidad y postura como osteoporosis, artrosis, sarcoma etc. Este mismo proceso lo experimentarán los astronautas a su regreso. Después de un viaje espacial largo al que ya habían tenido una desadaptación gravitacional, regresar a una fuerza mayor repentinamente pone en peligro al astronauta. Estas condiciones son similares a las clásicas en pacientes geriátricos o pacientes de estancias prolongadas en cama durante su permanencia en la unidad de cuidados críticos. Desde las unidades de cuidados críticos, enfermería ha establecido planes de cuidado específicos para aminorar estos efectos en el cuerpo, además estas afecciones son atendidas por los equipos de cuidados médicos, enfermería, fisioterapia, medicina etc. Enfermería tiene la convicción de clasificar en la valoración el grado de afección, reconocer la etiología del problema

¹⁰⁶ NASA, (2016). *Exercise Countermeasures*. YouTube. 1:00-44:00. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.youtube.com/watch?v=WL-ArtlrjLw>.

¹⁰⁷ ESA, (2010). *Exercise Countermeasures and Related Diagnostics*. Nasa.gov. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/505726main ESA Exercise Countermeasures And Related%20Diagnostics Devices Technologies.pdf>.

por la expresión semiológica para planificar las intervenciones pertinentes y contrarrestar las lesiones ocasionadas a nivel tisular al regreso a la Tierra.

La valoración de esta necesidad será la correlación con el estatus físico previo a al viaje espacial, haciendo énfasis en los puntos valorados previamente, se espera que al retorno a la Tierra y ante la valoración clínica, el astronauta se encuentre con osteopenia, sarcopenia, anemia, astenia, fragilidad ósea, osteoporosis, disminución en la capacidad metabólica, pérdida completa del balance, agilidad, coordinación, flexibilidad, disfunción en la función de los órganos otolíticos e intolerancia ortostática. Es importante valorar mediante la inspección y la palpación la simetría estructural y alienación, facilidad de amplitud de movimientos. Hacer uso de escalas de valoración comparadas con las escalas previas al viaje espacial para conocer el grado de afectación. Es de señalarse que el grado de afección dependerá de tres factores principalmente, el tiempo de exposición a la microgravedad, la capacidad adaptativa personal y las intervenciones en el cuidado realizadas durante el viaje espacial. En astronautas que han permanecido en la estación espacial internacional por tiempos prolongados se ha registrado ante la valoración una severa atrofia en los músculos posturales antigravitatorios, y una incapacidad de respuesta muscular instantánea atribuibles a cambios de la activación neuronal. Incidiendo en la velocidad de conducción de las uniones neuromusculares con el viaje espacial. Así como es clínicamente pertinente volver a analizar mediante la densitometría ósea, rayos x y exámenes generales de sangre, orina y heces. Para el profesional que obtiene estos datos de la valoración debe representar el inicio mediante el cual construirá el diagnóstico de la necesidad, para subsecuentemente entablar los planes de cuidado y rehabilitación.^{108 109}

El juicio clínico que se establece a partir de los indicadores semiológicos con el fin de categorizar y priorizar las intervenciones en diagnósticos de enfermería serán en su mayoría reales, a diferencia de prevuelo que en su mayoría son de bienestar o durante el vuelo que tienden a ser de riesgo. Algunos diagnósticos compatibles podrían ser, intolerancia a la actividad física relacionado con astenia generalizada, hipersedentarismo y desequilibrio entre aporte demanda de oxígeno manifestado por el astronauta como debilidad y fatiga exacerbada. La falta de energía fisiológica para completar las actividades puede ser a grado tal de no poder descender por su propio pie de la astronave; Deterioro de la movilidad física, relacionado con un deterioro neuromuscular, músculo-esquelético, sensorio perceptivo y falta de uso manifestado

¹⁰⁸ NASA, (2016). *Exercise Countermeasures*. YouTube. 1:00-44:00. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.youtube.com/watch?v=WL-ArtlrjLw>.

¹⁰⁹ Llanio, R. Op. cit. p 62

semiológicamente por incapacidad de marcha, disminución en el tiempo de reacción, inestabilidad postural, movimientos descoordinados, entre otros.^{110 111}

Actualmente las medidas de intervención son llevadas en la NASA por los proyectos de investigación humana, donde se brindan programas de cuidados médicos y rehabilitación en conjunto con otras instituciones y diferentes profesionales de la salud. Entre los servicios se incluyen: Evaluación de lesión músculo-esquelética y rehabilitación, ultrasonido terapéutico, estimulación eléctrica, masaje terapéutico, terapia térmica, prescripciones de ejercicio de rehabilitación y terapia acuática. Los cuidados médicos de rehabilitación tienen el propósito de regresar el estado corporal a las mismas condiciones que se encontraba antes del vuelo espacial tan pronto y seguro como sea posible. Aunque puede tardar semanas o meses la readaptación gravitacional aún con los cuidados médicos más efectivos. Las actividades sobre estas intervenciones procuran el trabajo sobre la deambulación, hacen énfasis en la readaptación neurovestibular, incrementan la flexibilidad, la coordinación y el balance. La base de la rehabilitación se encuentra en los ejercicios que progresan en dificultad, frecuencia e intensidad, iniciando con estiramientos los primeros días para posteriormente usar la bicicleta ergonómica a la semana, pasando por las caminatas en banda sin fin en aproximadamente tres semanas, hasta adquirir la capacidad de correr y saltar en pista. Es entonces que en el mismo orden de ideas la evaluación de las intervenciones sea monitorización de avances en la rehabilitación a lo largo del tiempo, la recuperación de actividades físicas de mayor intensidad, la capacidad de sostener ejercicios físicos y sobre todo restaurar las funciones músculo-esqueléticas a las condiciones previas al vuelo.^{112 113} (Anexo 17)

¹¹⁰ N.A.N.D.A.(2012) Diagnósticos enfermeros: Definiciones y clasificación. Madrid: Harcourt

¹¹¹ Stenger M., Platts S., et al, (2015). *Risk of Orthostatic Intolerance During Re-exposure to Gravity. Human Health and Countermeasures Element*. Houston: Johnson Space Center, pp.2-22. Obtenido 12, 2016, de: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/EVA.pdf?rnd=0.908105611292695>.

¹¹² Arnaud SB, Harper JS, Navidi M (1995) *Mineral distribution in rat skeletons after exposure to a microgravity model*. Journal of Gravitational Physiology 2: pp. 115–116

¹¹³ Karmali F, Shelhamer M (2010) *Neurovestibular considerations for sub-orbital space flight: A framework for future investigation*. Journal of Vestibular Research 20: pp.31–43

VII. Trajes Espaciales.

A través de los siguientes párrafos entenderemos el significativo esfuerzo de las agencias espaciales de todo el mundo por brindar cuidados a los astronautas durante las misiones mediante trajes espaciales, las consideraciones en el diseño y confección de los trajes en consonancia con los soportes de presurización, oxigenación, confort, eliminación, valores, etc. Así como la interrelación que la necesidad de vestirse y desvestirse tiene con otras necesidades de dominio biológico y psicológico. Además, comprenderemos la función práctica de los trajes de actividad fuera de la nave espacial, los trajes de actividad intravehicular, las diferencias de diseño y función con los trajes fabricados por otros países, para finalmente discernir las partes complementarias de los trajes espaciales y cómo cada una de estas integra cuidados y soluciones al hostil entorno espacial.

1. Necesidad de vestirse y desvestirse.

Vestir viene del latín “*vestiré*” y este a su vez de la raíz indoeuropea “*wes*” que significa ropa, la ropa es un componente accesorio que ha acompañado al ser humano desde el inicio de su evolución, volviéndose una necesidad inherente del hombre contra el medio ambiente, puesto que no cuenta con plumas, pelaje o piel gruesa como otros animales.

A lo largo de la historia la ropa ha sufrido modificaciones de acuerdo a las culturas entornos y apropiación de la tecnología textil, sin duda es un accesorio que coadyuva al cumplimiento de diferentes necesidades como eliminación, provee los requerimientos de movimiento, crea confort en descanso y sueño, mantiene la termorregulación estable, implica en la necesidad de limpieza, brinda protección contra el entorno, es un medio de comunicación, se aplica en diferentes ocupaciones y constituye un objeto de recreación y moda. La ropa puede estar especializada según la aplicación, algunos trabajos y deportes tienen diseños funcionales especiales de vestido para poderlos llevar acabo, además la necesidad de vestido sufre transiciones en relación al ambiente y la selección de vestimenta es diferente entre entornos como ciudad, selvas, bosques, tundra, desierto o el espacio.^{114 115}

Si existe un entorno realmente hostil e incompatible con la vida, es el espacio profundo. Por eso es que las ciencias espaciales también cuentan con trajes especializados para asegurar la supervivencia y cuidan la salud corporal de los astronautas durante la misión. Fundamentalmente existen dos trajes espaciales para

¹¹⁴ Fernández C., Novel G. (1993) *El proceso de atención de enfermería. Estudio de casos*. Barcelona: Masson, S.A.

¹¹⁵ Henderson V., Nite G. (1988) *Enfermería teórica y práctica. Cuidados básicos de enfermería* Volumen 2. México: D.F. Ediciones científicas. La prensa Médica Mexicana, S.A.

los astronautas: 1) El traje de actividad extravehicular, denominado EVA por sus siglas en inglés por los astronautas, los cosmonautas rusos cuentan con el "Orlán" y los taikonautas chinos con el "Feitian"; 2) El traje de actividad intravehicular, los astronautas cuentan con el ACES "Advanced Crew Escape Suit" de color naranja y los cosmonautas rusos con el "Sokol" en color blanco. Ambos tienen funciones muy parecidas, atienden a la necesidad de oxigenación, brindan agua mediante mangueras de hidratación, tienen la capacidad de eliminar el dióxido de carbono exhalado y depurar excretas corporales, permiten el libre movimiento para las misiones espaciales, constituyen una prenda de vestir propia de cada viaje espacial y de cada nación, protegen a los astronautas contra las variaciones térmicas en el espacio, procuran un estado de limpieza e higiene dérmica, proveen protección contra el entorno en relación a la radiación y micro meteoritos, ofrecen la capacidad de establecer comunicación tanto para emitir como para recibir mensajes, son de vital importancia en la ocupación y trabajo de cada misión. Dicho de una manera más sintetizada, los trajes espaciales ven por 10 necesidades humanas de las 14 enlistadas por Virginia Henderson.^{116 117} (Anexo 18)

2. Traje de actividad intravehicular

Los astronautas emplean los trajes de actividad intravehicular para cuidar la necesidad de oxigenación ante la probabilidad de despresurización durante los momentos críticos de la misión, es decir, despegue, aterrizaje y acoplamiento a la estación espacial. Rusia introdujo los trajes de actividad intravehicular después de la tragedia del Soyuz 11, donde murieron tres cosmonautas a su regreso a la tierra a causa de una despresurización y asfixia ya que no contaban con la vestimenta adecuada.

A pesar de la similitud en funciones con el traje de actividad extravehicular, el traje de actividad y intravehicular ofrece ciertas ventajas como flexibilidad y no tiene partes rígidas que impiden el movimiento, pero tiene la desventaja de no contar con una cubierta exterior gruesa que proteja contra variaciones térmicas extremas y micro meteoritos.

Pesa aproximadamente 10 kg, tiene la capacidad de regular la presión interna y generalmente tiene cuatro umbilicales frontales. Dos umbilicales son eléctricos y sirven para comunicaciones y datos biomédicos, también tiene umbilicales de ventilación, Uno de ellos suministra oxígeno a un ritmo de 150 l por minuto y el

¹¹⁶ Nasa.gov. (2010). NASA - Los trajes espaciales. Obtenido, 12, 2016, de:https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/spacesuits_bkgd_sp.html.

¹¹⁷ Riopelle L., Grondin L., Phaneuf M. (1993) *Cuidados de enfermería. Un proceso centrado en las necesidades de la persona*. Madrid: McGraw-Hill- Interamericana.

segundo suministra oxígeno puro a 20 l por minuto y se utiliza sólo en caso de emergencia cuando la presión de la nave disminuye.^{118 119}

3. Traje de actividad extravehicular.

Denominados UME o unidad móvil extravehicular, el traje espacial para paseos exteriores a la nave es considerado una nave espacial individual. Pesa aproximadamente 130 kg y con un costo aproximado de 2 millones de dólares y más de 30 minutos para vestirlo, el traje espacial está totalmente equipado y constituido por partes intercambiables que se acoplan, lo que le otorga la ventaja de hacer reposiciones. La empresa ILC Dover manufactura para la NASA y la empresa Zvezda a Roscosmos de Rusia.¹²⁰ (Anexo 19)

El traje está constituido por capas de material para proteger al astronauta, tres capas internas de refrigeración y ventilación, una capa intermedia de nylon que brinda la presión adecuada, capas de estructura del mismo material que las tiendas de campaña y siete capas de aislamiento que vuelven al traje un termo. Además, cuenta con un revestimiento resistente al desgarramiento, resistente a ser dañado por pequeños objetos que viajan a alta velocidad en el espacio y una capa exterior hecha de una mezcla de telas impermeables, material utilizado para fabricar chalecos antibalas y resistentes al fuego. Estas capas atienden a la necesidad de evitar peligros, vestimenta adecuada al entorno y proteger al astronauta de temperaturas de extremo frío o calor. Fabricados en color blanco independientemente de la nación para rechazar la luz y evitar el calentamiento.¹²¹

Con el fin de entender la vestimenta de los trajes espaciales de actividad extravehicular y correlacionarlos con las necesidades fisiológicas que atiende, didácticamente dividiremos el traje EVA en siete: 1) Casco 2) Torso superior rígido 3) Brazos 4) Guantes 5) Torso inferior 6) Mochila de sistema portable de soporte vital y 7) Ropa interior.¹²²

¹¹⁸ Nasa. (2016). Youtube. *Suit Up - 50 Years of* Obtenido, 12, 2016, de: [Spacewalks.https://youtu.be/Z62z64-AyH0](https://youtu.be/Z62z64-AyH0).

¹¹⁹ Orndoff, E. (2016). *NASA - Intravehicular Activity Clothing Study*. Nasa.gov. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1084.html.

¹²⁰ Web.archive.org. (2016). *RD&PE Zvezda JSC - Space Suits*. Obtenido, 12, 2016, de: <http://web.archive.org/web/20120717065158/http://www.zvezda-npp.ru/english/04.htm>

¹²¹ ILC Dover, (1994). *Space Suit Evolution*. From Custom Tailored to Off-The-Rack. NASA, pp.1-28. Obtenido, 12, 2016, de: <http://history.nasa.gov/spacesuits.pdf>. pp.4

¹²² NASA, (n.d.). *The Space Shuttle Extravehicular Mobility Unit (EMU)*. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/pdf/188963main_Extravehicular_Mobility_Unit.pdf.

i. Casco espacial.

El casco a su vez está compuesto por tres piezas que le otorgan diferentes funciones al traje espacial. En su capa más interna encontramos "el soporte de comunicaciones", es una capucha con un interfaz eléctrico incluido que contiene micrófono y audífonos para establecer comunicación, está hecha de teflón y nylon. "El soporte de Casco" consiste en una coraza transparente, un anillo de cuello, conducto de ventilación y un dispositivo ajustable valsalva. La coraza transparente ofrece una amplia visión al astronauta y al mismo tiempo protege de eventuales impactos en la cabeza. Finalmente tenemos el "visor extravehicular" que está conformado por filtros de rayos luminiscentes solares, térmicos, ya que las temperaturas directas a los rayos solares pueden ser de hasta 135 grados centígrados y además provee protección de pequeñas colisiones como micrometeoros.

Este accesorio espacial se viste acoplándolo por el cuello al torso superior rígido que va en el tórax, además de incluir conductos de oxigenación, eliminación del dióxido de carbono producido por el astronauta y suministro de líquidos, el casco puede llevar luces laterales y una cámara de televisión. Es entonces el casco un dispositivo de vestimenta que procura necesidades humanas como oxigenación, hidratación, eliminación del dióxido de carbono, facilita el movimiento a través de la capacidad visual que probé, protege de los rayos ultravioleta, prevé los riesgos de colisión del entorno, otorga al astronauta la capacidad de comunicación, ocupación y recreación.¹²³

ii. Torso superior rígido

Esta pieza no sólo es de capital importancia por proteger el tórax y por ende el corazón y pulmón del astronauta, también es la pieza del traje espacial que más conexiones tiene con todos los componentes. Estos son cinco espacios de acoplamiento para permitir un sellado hermético, dos en brazos, el casco, los pantalones y en la parte posterior con el sistema portable de soporte vital. Esta pieza está hecha de un caparazón de fibra de vidrio interna recubierta con las mismas telas que todo el traje. En el pecho se encuentra los controles de volumen de radio, oxigenación y los medidores de presión y oxígeno, además Interconecta los cables de la interfaz de soporte vital y LCVG, descritos más adelante.

Este dispositivo consta de anillos para ensamblaje hermético, es rígido y puede dificultar el movimiento, pero por contraparte brinda protección Y función adecuada

¹²³ NASA. (2008). *Learn About Spacesuits*. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/audience/foreducators/spacesuits/home/clickable_suit_nf.html#Layers.

del resto de componentes del traje. En el torso superior se incluye la bolsa de bebida, adherida por un velcro y conectada por manguerillas hasta llegar al casco, con una válvula de succión en un lugar accesible para el astronauta cerca del rostro. Todo lo anterior pone al torso como un accesorio central encargado de controlar el flujo de oxígeno y agua, una protección torácica contra impactos medianos, y a su vez es el control de comunicaciones.¹²⁴

iii. Brazos.

Los brazos no tienen una medida personalizada a los astronautas, se compone de diferentes partes intercambiables según el tamaño de la astronauta. Generalmente son dos piezas, brazo y antebrazo, acopladas por un anillo metálico de cierre hermético. Son resistentes a altas temperaturas, fuego y desgarres. Por la parte proximal se acoplan al torso superior y por la parte distal a los guantes. Son cómodos al movimiento, permitiendo la flexión y extensión del brazo. Procura las necesidades para completar la misión con la movilización, protección contra el entorno y protección de temperaturas extremas.¹²⁵

iv. Guantes.

Los guantes son un dispositivo accesorio diseñado específicamente para el trabajo fino, brindan protección sobre los dedos, el dorso y la muñeca. Debido a que los dedos por ser el extremo más distal del cuerpo humano sufren hipotermia por la baja perfusión es que los guantes cuentan con calentadores de dedos controlados por el astronauta. Añadido a esto incluye almohadillas en pulgares y dedos para proteger la mano. Principalmente los guantes atienden a la necesidad de movimiento incorporando un cojinete rotatorio para la muñeca y una articulación que proporciona flexión y extensión, facilitan la ocupación y buscan la protección térmica distal y del entorno. El riesgo de estas ventajas en los guantes radica en el grosor de los materiales en la palma, pues al permitirle la pinza fina al astronauta aunque lo expone a la probabilidad de perforación y despresurización repentina del traje completo, comprometiendo la vida y la misión.¹²⁶

¹²⁴ Ibidem.

¹²⁵ NASA, (n.d.). *The Space Shuttle Extravehicular Mobility Unit (EMU)*. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/pdf/188963main_Extravehicular_Mobility_Unit.pdf. p.2

¹²⁶ ILC Dover, Op. cit., p. 13

v. Torso inferior.

Esta parte inferior del traje está compuesto por la parte inferior del torso, los pantalones espaciales y las botas. Estas piezas están interconectadas, permiten el sellado hermético y son intercambiables. Existen variaciones de diseño para poder diferenciar a los astronautas durante los paseos espaciales, el torso inferior cuenta con anillos de sujeción para atar cuerdas hacia la nave espacial y evitar que los astronautas se alejen, del mismo modo que todo el traje está recubierto de capas protectoras y también permiten la rotación de la cadera y logran brindar un amplio un amplio grado de movimiento de la cadera, incluyendo la flexión y extensión de los miembros podálicos. Puede ser muy complicado y tardado colocarse esta parte del traje espacial, pero las necesidades de movimiento que cubre superan en un alto grado a dichas dificultades.¹²⁷

vi. Sistema portable de Soporte de vida.

El sistema portable de soporte de vida o (LSS) por sus siglas en inglés es una mochila trasera de aproximadamente 47 kg con una altura de 66 cm de alto por 53 cm de largo y 27 cm de ancho. Potenciada con una pila de 16.8 voltios hecha en su exterior por fibra de vidrio y recubierta con las mismas capas que el traje espacial. El LSS recrea una atmósfera interna al traje durante las excursiones espaciales, presurizando el traje a 202 mm Hg, suministrando desde un tanque trasero oxígeno para respiración y ventilación, al igual que agua refrigerada y oxígeno para el enfriamiento del cuerpo. En condiciones óptimas permite alrededor de 7 horas de actividad espacial dependiendo del ritmo metabólico de uso de cada astronauta.¹²⁸

Dentro de esta mochila se alojan cinco subsistemas de mantenimiento de vida: a) suministro de oxígeno primario, b) circuito de ventilación de oxígeno, c) circuito de transporte de agua, d) circuito de alimentación y e) sistema de comunicación espacial. Además, cuenta con el sistema de oxígeno en emergencias que brinda de 30 a 90 minutos adicionales de acuerdo al flujo y la unidad de mando a distancia, este se adhiere al pecho del torso superior, para controlar la bomba de agua y ventilador de oxígeno, comunicaciones, volumen del radio, monitor de oxigenación e indicadores de advertencia. El traje Orlan ruso se puede vestir mediante una entrada en forma de puerta por una vía trasera, donde va el LSS, esta pieza contiene todos los dispositivos de alimentación y por si fuera poco en la parte inferior de la mochila se engancha el "SAFER", un dispositivo de propulsión para la navegación espacial en caso de que la astronauta se aleje de la astronave, una especie de mochila propulsora espacial.

¹²⁷ ILC Dover, Op. cit., p. 13

¹²⁸ Hamilton Standard, (n.d.). *PORTABLE LIFE SUPPORT SYSTEM*. pp 1-5 Obtenido, 12, 2016, de: https://www.hq.nasa.gov/alsi/LM15_Portable_Life_Support_System_pp1-5.pdf pp. 1-2

vii. Ropa interior.

Hay dos piezas que todo astronauta debe vestir cuando usa el traje espacial de actividad extravehicular, una de ellas es la "prenda de máxima absorción" una especie de calzón espacial, se usa debajo del LCVG y provee una colección higiénica de la eventual transferencia de micciones y materia fecal que arroje el astronauta durante los prolongados paseos espaciales. Y el LCVG o "ropa de refrigeración y ventilación" por sus siglas en inglés, es un traje ajustado completo que cubre todo el cuerpo a excepción de las manos y la cabeza, en él se incorpora una red de finas manguerillas que se mantienen en contacto estrecho con la piel del astronauta mediante una capa elástica. La función de esta prenda es contrarrestar el calor producido por el sellado hermético del traje de actividad extravehicular y funciona haciendo circular un flujo de agua a través de todas las manguerillas de manera ininterrumpida para mantener fresco al astronauta. ¹²⁹ (Anexo 20)

Estas dos prendas interiores cubren el cuidado corporal de eliminación, vestimenta, limpieza e higiene y también evitan el estrés por sobrecalentamiento permitiendo hacer extenuantes trabajos con eficiencia, además evitan el incremento térmico de la astronauta al interior del traje y por consiguiente la disminución de la deshidratación por pérdidas insensibles. Aunque hay cambios de estilo entre nación y nación, todos los astronautas los usan.

Podemos concluir que, aunque enfermería no trabaja en la construcción de vestimentas, el modelo teórico soporta la visión de cuidado que la ropa ofrece en todas las dimensiones del ser humano. Los trajes espaciales son representaciones culturales y psicológicas, muestra de esto son las estampas icónicas de las misiones, países o agencias a las que pertenecen. Como el escudo de "operación de misiones de actividades extravehiculares" con un hombre de Vitrubio o la suela de la bota marcada sobre la superficie lunar de Neil Armstrong, (Anexo 21) que es un icono de avance científico y guía para la exploración espacial del mundo.

Los trajes espaciales también se enfocan en el soporte biológico de la vida y atienden a casi todas las necesidades. Es entonces deber de la ciencia de los cuidados colocar la mirada en el futuro donde la vestimenta integrará una parte esencial de una especie interplanetaria, las colonizaciones lunares y marcianas. Los retos de soporte en viajes largos, la evolución de la ciencia de los cuidados, las tecnologías y por supuesto la vestimenta. ^{130 131}

¹²⁹ NASA, (1975). *LIQUID COOLED GARMENTS. APPLICATIONS OF AEROSPACE TECHNOLOGY*. Kansas: MIDWEST RESEARCH INSTITUTE, pp.1-55. Obtenido, 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750007244.pdf> pp. 7-9

¹³⁰ ILC Dover, Op. cit., p. 12

¹³¹ Spaceflight.nasa.gov. (2016). *HSF > Living in Space > SPACE WEAR*. Obtenido, 12, 2016, de: <http://spaceflight.nasa.gov/living/spacewear/>

VIII. Termorregulación en el astronauta.

Las alteraciones sobre la necesidad de mantener una termorregulación estable en el cuerpo son cruciales para la vida del astronauta y sobre todo para el éxito de la misión, debido a ello a continuación nos adentraremos en la trascendencia de las intervenciones de enfermería para con la termorregulación, a través de registros de misiones en la Estación espacial internacional y la comprensión de contraste térmico interplanetario, en especial Marte. Finalmente conoceremos algunos de los dispositivos actuales usados en el espacio para proteger la nave y el astronauta del desequilibrio térmico.

1. Necesidad de termorregulación.

La termorregulación es la capacidad de respuesta humana a la temperatura ambiental, permitiéndole regular la temperatura del cuerpo en los límites compatibles con la vida entre frío y calor. Esta necesidad se ve alterada por vías endógenas ante respuestas infecciosas y por vías exógenas por el medio ambiente. El cuerpo percibirá entonces las modificaciones térmicas mediante la piel, está demás decir que la alteración de esta necesidad conlleva graves efectos deletéreos al cuerpo e incluso la muerte.

La ciencia espacial ha enfocado sus esfuerzos en poder brindar cuidados térmicos al astronauta, dentro de la nave espacial y los trajes espaciales, contra las extremas condiciones térmicas del espacio y condiciones lunares. Pero no siempre se logra brindar una protección contra el riesgo de desequilibrio y cuando un organismo no tiene la capacidad de satisfacer esta necesidad aún con las condiciones de contramedidas ambientales añadidas, es necesario establecer cuidados médicos.¹³²

La temperatura del ser humano oscilará entre 36.5 grados centígrados y 37.3 grados centígrados normalmente, y dependerá del ambiente en el que este y si la temperatura se mide en boca, axila, piel o recto. Para entender la termodinámica en el espacio resulta inherente entender los tipos de transferencia de calor, siendo estos invariablemente de caliente a frío hasta llegar a alcanzar una temperatura media entre objetos, llevándose a cabo por tres maneras: conducción, convección y radiación.¹³³

¹³² NASA, (1975). *LIQUID COOLED GARMENTS. APPLICATIONS OF AEROSPACE TECHNOLOGY*. Kansas: MIDWEST RESEARCH INSTITUTE, Obtenido, 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750007244.pdf> pp.1-55.

¹³³ Llanio, R. (2005). *Propedéutica clínica y semiología médica*. 1st ed. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas. Cap II pp 7-11.

La conducción es el mecanismo de transferencia por el cual el calor propaga la energía en los materiales, siendo muy buenos conductores los metales de los que está hecha la nave espacial o la EEI y malos conductores el agua, aire o plástico, llamados aislantes; Podemos entender convección como la transferencia calórica derivada de movimiento de una masa dentro de otra sustancia, variable entre densidades, como el calentamiento de la nave por fricción cuando desciende a la tierra a gran velocidad y radiación, consiste en la transmisión calórica de energía emitida por un objeto a distancia produciéndose desde la fuente hacia todas direcciones, ejemplo de esta transferencia en el espacio interestelar es el sol.

Es de interés clínico en relación a esta necesidad conocer las variaciones térmicas en la tierra, las naves espaciales, los planetas y el espacio profundo. En la Tierra el clima combina variables de patrones de temperatura humedad, presión, viento y precipitación. El promedio general del planeta Tierra es de 15 grados centígrados y las condiciones atmosféricas en las que se encuentra son replicadas en las naves espaciales, ejemplo de esto es la oscilación entre 18 y 22 grados centígrados de las naves "mercury" lanzadas entre 1961 y 1963, las naves Apollo que mantuvieron temperaturas entre 21 y 26 grados centígrados o la estación espacial internacional que logra mantener la temperatura en su interior dentro de los parámetros fisiológicos a través de textiles que logran el aislamiento térmico con una capa de alta reflexión llamada Aislamiento Multilaminar o "*Multi-Layer Insulation*" en inglés, misma que se usa para brindar cuidados en la Tierra a pacientes con shock hipotérmico.¹³⁴ Sin este aislamiento las temperaturas mientras la EEI órbita en el lado solar del planeta podrían ascender a 121 grados centígrados o en el otro lado de la Tierra descender a -157 grados centígrados.¹³⁵ Este sistema aislante brinda tal grado de funcionalidad disipando el calor que también aísla el interior de la EEI, y con todas las máquinas generando energía la temperatura aumentaría internamente, por eso los científicos de la NASA desarrollaron el sistema activo de control térmico o "*Active Thermal Control System*"(Anexo 22), un sistema constituido por placas de enfriamiento y sistemas de intercambio térmico capaces de procesar el calor, enfriando y extrayendo el exceso de calor al interior de la nave, después este calor es removido por el sistema líquido de enfriamiento a radiadores que disipan el calor al espacio.¹³⁶

En el entorno espacial se encuentra multiples tipos de luz de espectro no visible para el ojo humano, como la luz infrarroja que es la parte del espectro electromagnético que transmite el calor de las estrellas, en especial la radiación del Sol. No se

¹³⁴ Finckenor M., (1999) *NASA Multilayer insulation material, Marshal Space flight center, Alabama* Obtenido 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19990047691.pdf> pp 5-44.

¹³⁵ IDS Business Support (n. p.) *Active Thermal Control System (ATCS) Overview*, Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/pdf/473486main_iss_atcs_overview.pdf

¹³⁶ NASA, (1975). *LIQUID COOLED GARMENTS. APPLICATIONS OF AEROSPACE TECHNOLOGY*. Kansas: MIDWEST RESEARCH INSTITUTE, Obtenido, 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750007244.pdf> pp.31-39

encuentra en el espectro visible y solo se puede captar con cámaras especiales de luz infrarroja, de esta manera se ha precisado la temperatura superficial de los planetas. Estos datos cobran más importancia clínica que nunca en el siglo XXI con las pretensiones de colonización en Marte y los viajes largos. Siendo necesario reconceptualizar los sistemas de soporte vital en relación a la termorregulación dependiendo de los espacios a explorar, ya que esta expedición implicaría abandonar la zona eutérmica que comprende de Venus a Marte e ingresar a la zona hipotérmica, se han registrado un promedio de temperatura sobre la superficie marciana de -55 grados centígrados y con tendencias a los extremos térmicos debido a la ausencia de gases que regulan la temperatura Terrestre, es decir, aire, vapor de agua y CO₂.¹³⁷

Es entonces importante establecer programas de salud en viajes espaciales, que atiendan las modificaciones térmicas en el cuerpo humano, se brinden cuidados de contramedida y se contemplen las variables clínicas que afectan ya sea edad, capacidad sensorial térmica, historia de exposición a temperaturas extremas, capacidad de adaptarse corporalmente a las transiciones térmicas, hábitos de autocuidado como contramedidas de variación y capacidad de usar instrumentos para la medición térmica.

Los astronautas son expuestos previo al viaje espacial a variaciones térmicas, puesto que implica un factor psicológico de estrés importante para la misión y es requisito de los candidatos de astronauta aprobar estas pruebas para ser seleccionados. A bordo de la nave, todo depende de planificar cuidados térmicos que, aunque no logren un equilibrio perfecto mantengan al astronauta dentro de la "zona de confort", suficiente para realizar las actividades propias de la misión, para esto existen los sistemas de enfriamiento de la nave espacial y más particularmente las prendas de enfriamiento, como el LCVG o dispositivos de calentamiento como el calentador de dedos del EVA. Al igual que los trajes descritos en la necesidad de vestir y la protección térmica que ofrecen.¹³⁸

De la valoración de los signos y/o síntomas de hipertermia o hipotermia espacial es que se desprendan los diagnósticos de Enfermería propios a esta necesidad, como el riesgo de desequilibrio de la temperatura corporal relacionado con la exposición crónica a temperaturas ambientales extremas, deshidratación o ropa inadecuada para el ambiente, como sucedió en la misión Apolo 13 donde los astronautas sufrieron hipotermia en el módulo lunar donde buscaron refugio; Termorregulación ineficaz relacionado con fluctuaciones térmicas ambientales o procesos infecciosos, donde

¹³⁷ Vazquez L.,(2008) *La gran aventura de la exploración de Marte*, Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fis.Nat. Vol. 102, No. 1, Obtenida 12, 2016 de: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00689.pdf> pp 273-283

¹³⁸ NASA, (1975). *LIQUID COOLED GARMENTS. APPLICATIONS OF AEROSPACE TECHNOLOGY*. Kansas: MIDWEST RESEARCH INSTITUTE, Obtenido, 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750007244.pdf>

normalmente los signos y síntomas comprenden taquipnea, taquicardia, piel fría o caliente al tacto o piloerección, ya que es muy probable que exista esta variación de la temperatura en el espacio producto de procesos infecciosos debido al descenso de células NK y la depresión general del sistema inmune.¹³⁹

En cualquier caso, es imprescindible que los cuidados estén enfocados a la regulación térmica a través del manejo ambiental, así como control y monitorización de líquidos corporales valorándolos a través del llenado capilar y turgencia cutánea, tratamientos específicos de fiebre o hipotermia mediante medicamentos y medios físicos anteriormente descritos y diferentes a los usados en la Tierra, además de ser complementado por la monitorización continua de signos vitales.

Téngase en cuenta que la hipertermia, dependiendo la tasa metabólica de cada sujeto, condiciona una aceleración en la pérdida hídrica por insensibilidad, con diaforesis y aumento de la frecuencia respiratoria, propiciando la disminución de líquidos en el organismo y por ende el agravamiento sobre el control térmico del astronauta.¹⁴⁰

La prospección oportuna y enfoque de esta necesidad por la ciencia de los cuidados jugará un rol clave ante los retos venideros en trayectos espaciales largos, así como pretensiones de colonización interplanetaria, pues implica una de las necesidades biológicas esenciales de vida, independientemente del lugar en el espacio que ocupe y siempre requerirá intervenciones de cuidados, ya que implica intervenciones de contramedida entre el frío del espacio y el calor abrasador de nuestro astro.¹⁴¹

¹³⁹ N.A.N.D.A.(2012) Diagnósticos enfermeros: Definiciones y clasificación. Madrid: Harcourt

¹⁴⁰ Sainz B. (2005) *Balance hidromineral BHM*, Rev Cubana 44 (4), Scielo. Obtenida 12, 2016, de: <http://scielo.sld.cu/pdf/cir/v44n4/cir12405.pdf>

¹⁴¹ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial*. 1st ed. México: LIMUSA, pp. 31-39.

IX. Evitar riesgos en la misión espacial.

Las misiones espaciales son de un inmenso riesgo para la vida humana, debido a que el entorno está lleno de peligros, es decir el espacio. Es con esto que la enfermería tiene un gran compromiso desde su base histórica de desarrollo, debido a ello a continuación expondremos algunos aspectos a considerar para la enfermería espacial en relación a los entornos en la Tierra a diferentes altitudes, las capas atmosféricas para la aeronavegación, el espacio profundo en los viajes espaciales y el ambiente marciano para el establecimiento múltiplanetario de la humanidad. Hablaremos sobre los procesos de adaptación fisiológica y evolución en la Tierra para comprender los retos en Marte en torno a la radiación, presión de oxígeno, temperatura, humedad etc. Finalmente conoceremos el riesgo de infecciones en las naves espaciales y la implicación directa de los profesionales de enfermería en los programas espaciales para prevención y tratamiento de contaminación por patógenos en el espacio.

1. Necesidad de evitar peligros.

Todo viaje implica ciertos riesgos a la salud y el viaje espacial quizá sea el que más riesgos implica, pues supone un grado de exposición crítico para la salud a un entorno con microgravedad, radiación e incidencias variables durante el vuelo. Es entonces una necesidad atender el estudio del entorno espacial y comprender los efectos de la radiación y microgravedad en el cuerpo humano para poder establecer los riesgos y actuar en consecuencia con cuidados a la salud, especialmente en viajes de larga duración y la colonización de puestos de avanzada en la superficie lunar y en la superficie en Marte.¹⁴²

El cuidado de la salud a través del entorno se puede definir como la previsión y modificación de todo lo que rodea al organismo que le pueda ocasionar lesiones fisiológicas, psicológicas o sociológicas. Este es uno de los principios más trascendentes en la evolución de las especies y en la adaptación de los hombres a los diferentes entornos y ecosistemas. Un entorno seguro y compatible con la vida humana es aquel que satisface las necesidades básicas del ser humano, reduce los riesgos físicos, la transmisión de microorganismos patógenos, mantiene los niveles de higiene y contaminación.

Los cuidados de enfermería contemplan variables de entorno en relación a esta necesidad, relacionados en su mayoría con los estándares atmosféricos, es decir, temperatura, humedad, presión; Iluminación, colocación de estructuras, mobiliario y todo aquello que rodean a la persona; Niveles de ruido o vibración en el ambiente, microorganismos patógenos potencialmente contaminantes, eludir peligros

¹⁴² NASA,. (2015). *Outpost*. NASA. Obtenido 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Outpost.html>

especiales como fuego , radiación, electricidad, gases o sustancias tóxicas, además de cuidar la seguridad psicológica utilizando contramedidas adecuadas frente a situaciones de estrés, depresión o cansancio mental.¹⁴³

La adaptación a los diferentes entornos, las contramedidas y cuidados a la salud son variables a los diversos ecosistemas en la Tierra, ya que implica modificaciones climatológicas de adaptación entre ambientes de frío como la tundra, calor como el desierto, humedad como en las selvas o grandes altitudes como en Lima, Perú. Ejemplo de esto son las cordilleras de los Andes, el Tíbet o Nepal que el ser humano ha sufrido la adaptación más radical a las altitudes, respondiendo a la hipoxia del entorno mediante una respuesta adaptativa aumentando la capacidad pulmonar, las dimensiones torácicas y el conteo total de eritrocitos, otro ejemplo adaptación al entorno son las modificaciones de pigmentación dermatológica en relación al grado de exposición solar a través de las generaciones para evitar el riesgo de lesiones. Estas son medidas de protección del cuerpo ante el entorno que también serán sujetas a modificación en los ambientes espaciales con microgravedad, todas las variables atmosféricas y altos niveles de radioactividad proveniente del cosmos.

El planeta Tierra ha sufrido innumerables transformaciones en el entorno que ponen en riesgo la vida humana, los fenómenos climatológicos como terremotos, explosiones volcánicas, inundaciones, tormentas o tornados han ocasionado más muertes que todas las guerras de la humanidad. Esto expresa la necesidad de atender a los cuidados a la salud en relación a evitar peligros en los futuros asentamientos espaciales.¹⁴⁴ La NASA ha puesto como objetivo de colonización para la emigración de la humanidad al espacio exterior tres sitios distintos: El satélite natural de la luna es particularmente atractivo por la distancia y las ventajas en minería, turismo, combustibles, instalaciones de investigación, energía eléctrica y cómo puerto espacial; Marte, por sus similitudes con la Tierra y también su potencial de transformación a través de la forestación y el descongelamiento de los polos, según la NASA.¹⁴⁵ Está colonización iniciará con el establecimiento de asentamientos que procuren sistemas de soporte vital, ciudades, campos agrícolas, campos industriales y laboratorios científicos, para lograr así el paulatino proceso de "Terraformación"; y ciudades espaciales; Estructuras que brinden la capacidad de sostener la vida en el espacio y puedan recrear condiciones compatibles con el

¹⁴³ Campo M.,Fernández C. (2000) Proceso de Enfermería ,diagnóstico , planificación, evaluación .Barcelona:Fundación Jordi Gol i Gurina.

¹⁴⁴ Billingham, J. & Gilbreath, W. (1977). *Space resources and space settlements* (1st ed.). Washington: NASA. Obtenido, 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19790024054.pdf> pp. 13

¹⁴⁵ Hoffman, S. & Kaplan, D. (1997). *Human exploration of Mars: The reference mission of the NASA Mars exploration study team*. (1st ed.). Texas: Johnson Space Center. Obtenido 12, 2016, de: http://spacecraft.ssl.umd.edu/design_lib/NASA-SP6107.Mars_DRM.pdf pp. 1-37

organismo humano, es decir, recrear un entorno que contemple temperatura y luz solar regulada, humedad y presión ambiental igual a la Tierra, ciclos de día y año, incluso condiciones atmosféricas con presencia de fenómenos naturales como lluvia, nubes, viento o nieve. Cualquiera que sea la estructura en el futuro que conformará el entorno espacial de vida, deberá atender los riesgos del espacio. Principalmente tres: radiaciones cósmicas, infecciones espaciales, y afecciones fisiológicas derivadas de la microgravedad.¹⁴⁶

La radiación cósmica en el espacio y sin la protección de la atmósfera y el campo magnético terrestre, expone al astronauta a las partículas subatómicas procedentes del espacio exterior que viajan a velocidades extremas a ser impactadas contra el cuerpo. Son la etiología de carcinogénesis principalmente por la estrecha relación con la afectación directa al ácido desoxirribonucleico, la ruptura de las cadenas de ADN y su subsecuente mutación ocasiona melanomas debido a que la piel es el órgano con mayor grado de exposición, pero también afectará gónadas y ojos, aunque no existe evidencia consistente de mayor grado de cáncer en astronautas que el resto de la población, seguirá siendo un riesgo latente que requiere de la revisión y cuidados del personal sanitario de Enfermería en el futuro.¹⁴⁷

Otro factor capital del entorno que se deben contemplar en el espacio y que tienen serias repercusiones sobre el cuerpo humano, es la microgravedad, debido a que éste es un aspecto del entorno que afecta todas las necesidades y todas las necesidades afectan al entorno. La microgravedad es el factor del entorno más relevante, pues el ser humano se ha adaptado durante miles de años a la fuerza gravitacional de la Tierra y las implicaciones corporales de la exposición al espacio inician el síndrome de desadaptación, esto mismo sucedería en otros planetas como Marte, cuya fuerza gravitacional es inferior a la de la Tierra, 3.71 m/s^2 en comparación a los 9.81 m/s^2 de la Tierra, con un nivel de oxígeno natural de 0.13% y temperaturas extremas llegando a -55 grados centígrados.

Por último, tenemos las infecciones en el espacio, mismas que se han estudiado en los laboratorios espaciales a través de microbiología y que se ha concluido que en viajes largos y estancias prolongadas en ambientes de microgravedad hay un significativo aumento en el desarrollo de infecciones y el control de las mismas. Debido en gran medida a la prolongada exposición de los astronautas a factores como

¹⁴⁶ NASA,. (2015). *Nasa's Journey to mars: Pioneering next steps in space exploration* (1st ed., pp. 7- 31). Washington: NASA. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/journey-to-mars-next-steps-20151008_508.pdf pp. 31

¹⁴⁷ Ferrer, A. (2005). *El mundo subnuclear en los años 50- 60*. 1ra ed. Madrid: Universidad de Valencia. Obtenido, 12, 2016, de: <http://ific.uv.es/~ferrer/talks-50th/AFerrer-madrid-170205.pdf> p. 9

la radiación, estrés y descenso inmunitario que coadyuvan al desarrollo cuadros infecciosos.¹⁴⁸

Específicamente en el viaje a Marte planeado por la NASA existe el riesgo latente, pues se estima que duraría 520 días ya que la distancia interplanetaria es de 54.6 millones de kilómetros en su punto más cercano. Arriesgando el ambiente de la nave espacial a la contaminación por *Pseudomonas aeruginosa*, reactivación de herpesvirus e incremento de microbios en el aire como *Pseudomonas* y *Staphylococcus aureus*, según los registros de viajes espaciales anteriores. Los factores del entorno a contemplar es la limitación en el espacio, ambientes espaciales compartidos entre astronautas y sistemas de circulación de agua y aire, resultando estos como riesgos a favor de la contaminación y proliferación de microorganismos patógenos. Es por ello que la evaluación del entorno y la anticipación para evitar peligros de los profesionales de enfermería entra en vigor, pues conlleva monitorización constante de los astronautas, ya que en misiones anteriores se han encontrado expresiones semiológicas como dolor, escalofríos, fiebre, rinorrea y astenia, además de cuadros clínicos como presencia de infecciones fúngicas, infección de las vías respiratorias, infecciones cutáneas, gastroenteritis e infecciones urinarias.¹⁴⁹

Es aquí que se mezclan tres factores que no pueden escapar de la revisión de enfermería y la evaluación de seguridad y evasión de riesgos; Astronautas, microorganismos y entorno. Los microorganismos presentan una rápida proliferación en medios líquidos durante situaciones de microgravedad, reflejando una curva de crecimiento microbiano acelerada. Además, se complica el control de las infecciones puesto que estudios en el espacio han demostrado la resistencia de los microorganismos a muchas líneas de antibióticos. Igualmente es oportuno hacer una revisión sobre los factores que propician la contaminación aeróbica de microorganismos en astronautas producidas por actividades como estornudos, hablar y toser, tales como humedad del aire, temperatura, sistema de filtración de la astronave y tipo de superficies.^{150 151}

Cabe señalar que la mayoría de las interacciones de contaminación son debidas a la transmisión persona-persona, pero la etiología de las infecciones se encuentra en la alteración del sistema inmunológico, numerosos registros de la estación espacial

¹⁴⁸ Konstantinova, et al.(1993) Immune changes during long-duration missions. *Journal of Leukocyte*. pp 189-201.

¹⁴⁹ Nickerson CA, Ott CM, Wilson JW (2004). Microbial response to microgravity and other low-shear environments. *Microbiol Mol Biol Rev.*;68:345–61.

¹⁵⁰ Lapchine L, Moatti N, Gasset G,(1986). Antibiotic activity in space. *Drugs Exp Clin Res*; 12:933–8.

¹⁵¹ Nickerson CA, Ott CM, Wilson JW (2004). Microbial response to microgravity and other low-shear environments. *Microbiol Mol Biol Rev.*;68:345–61.

internacional han señalado alteraciones en la cicatrización de heridas, alteración en la función de monocitos y granulocitos, alteración de diversas vías de señalización como las células T, la inhibición de la actividad natural de las células NK, entre otras.¹⁵²

Como principio de mantenimiento de la salud, de la misma forma como se lleva el control ambiental y sistemas de soporte vital en la Estación Espacial Internacional se llevara en cualquier asentamiento, es decir, con peculiar atención en suministrar oxígeno, agua, controles ambientales, mecanismos de eliminación etc. Conocido en la EEI bajo el nombre de “Environmental Control and Life Support Systems” (ECLSS). Mismo que brinda las condiciones para soportar el “Sistema de cuidados a la salud de la tripulación” o “Crew health care system” (CHeCS), dividido a su vez en cuatro subsistemas de interés para la Enfermería.¹⁵³(Anexo 23)

- 1) Sistema de contramedidas, compuesto de equipos y protocolos para lograr las intervenciones de ejercicio que aminoran crónicamente el daño por microgravedad
- 2) Sistema de salud ambiental, encargado de monitorizar los potenciales gases ambientales, los niveles de microorganismos en el aire y las condiciones del agua
- 3) Sistema de mantenimiento de salud, destinado a proveer el soporte de ida y reanimación, los protocolos e instrumentos para responder al cuidado médico de lesiones y daños, cuidados preventivos de salud y monitorización clínica de la tripulación.
- 4) Sistema de radiación, orientado al registro de la exposición acumulativa de la tripulación a la radiación y analiza el entorno de radiación ionizante interna a la estación espacial internacional.¹⁵⁴

La evaluación de enfermería a los candidatos al viaje espacial debe contemplar un riguroso proceso de examen clínico para ampliar el conocimiento del estatus de salud de la tripulación y los peligros involucrados con su salud. Formando parte de una valoración de riesgo que clasifique la viabilidad de viaje espacial, pues la atención durante el vuelo de enfermedades infecciosas es reducida, y complicada en los viajes de larga duración debido al retraso en telecomunicaciones y equipo médico a bordo.



¹⁵² Sánchez M., Sánche H., (2016). Medicina Espacial. Adaptación del sistema inmune en el espacio. Mexico : Intersistemas. pp 218-219

¹⁵³ NASA, (2015). *Reference guide to the internationa space station* (1st ed.). Texas: NASA. Obtenida 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/np-2015-05-022-jsc-iss-guide-2015-update-111015-508c.pdf> . p 44

¹⁵⁴ Ibid. p 45

Las valoraciones clínicas de enfermería sobre el organismo del astronauta deberán ser realizadas antes, y después. De la misma manera la tripulación deberá ser monitorizada constantemente a través de accesorios de telecomunicación, que ofrezcan datos vitales para base de operaciones y registros clínicos en la Tierra.

Las revisiones previas de la tripulación serán llevadas a través de sesiones periódicas antes de lanzamiento, tres semanas antes, dos semanas antes y una semana antes. A estas valoraciones se encontrarán acoplados los estados nutricionales, neurológicos, oftalmológicos, psicológicos cardiovasculares, entre otros. La tripulación permanece en cuarentena siete días previos al despegue para evitar el desarrollo de agentes patógenos y la transmisión de enfermedades contagiosas que pueden interferir con el desempeño de la misión y poner en riesgo la salud de los astronautas.

La detección de indicios que señalen una infección en proceso en un miembro de la tripulación será motivo suficiente para suspender la participación del astronauta en el programa en curso y ser derivado a una atención médica especializada. Este caso sucedió en el Apolo 13, donde un sustituto de tripulación tuvo que reemplazar a un astronauta debido a la sospecha de infección por sarampión, bajo el argumento de aminorar el riesgo para el resto de los astronautas.

Los programas de enfermería espacial deberán hacer especial énfasis en la educación y capacitación de astronautas y pilotos sobre las medidas higiénicas para la mitigación de infecciones y lavado de manos, además de primeros auxilios y actuación en emergencias. Evaluar el grado de conocimiento de los astronautas en los procedimientos de operaciones estándar previo al vuelo y brindar la información pertinente sobre la detección de semiología indicativa de patologías en vuelo.

De igual forma es necesario que todo sujeto dispuesto a ser expuesto al hostil espacio cuente con un esquema de inmunizaciones completo establecido por los programas de enfermería espacial, que cubran difteria, influenza, tétanos, polio, virus de hepatitis A y B, neumococo, meningococo, sarampión, rubeola, parotiditis y varicela. El programa de inmunización actual de la NASA considera estos aspectos e incluye extensos análisis médicos entre los que se encuentra monitoreo radiológico para descartar infecciones pulmonares.¹⁵⁵

Además, será labor de Enfermería regular las condiciones ambientales de los entornos de las unidades de enfermería, de la misma manera en que se evitan los microorganismos en las unidades de enfermería en la Tierra, pero con la adopción

¹⁵⁵ Kozier B, Erb G, Olivieri R.(1993) Medidas de seguridad. En : Kozier B, Erb G, Olivieri R. Enfermería Fundamental, Conceptos ,procesos y práctica. 4º ed. Madrid : Mc Graw-Hill-Interamericana. pp. 747 – 771.

tecnológica especializada como el sistema de inyección y extracción de microorganismos que logra eficientemente remover casi la totalidad de partículas y a su vez proveer la monitorización de las condiciones ambientales generales. Así como contemplar los espacios internos de asentamientos y nave espacial tales como instalaciones sanitarias, espacios dedicados al almacenamiento y distribución de agua deberán estar libres de contaminantes para evitar la proliferación de patógenos. También es preciso contar con sistemas de descontaminación y estrategias que impidan la contaminación de tomas de agua, contemplar la comunicación y el control térmico, como es el caso de la tecnología de los trasbordadores “Dragon” del proyecto Space X.¹⁵⁶

Adicionalmente se evitarán peligros a través de pruebas que comprueben los niveles de hermeticidad, filtración, compatibilidad y resistencia de las estructuras del entorno, generalmente constituidas por materiales de acero inoxidable y aluminio con el fin de brindar la capacidad desinfectante a las superficies. Esto incluye la valoración de controles como sistemas de ventilación y sistemas de reciclaje de agua. De la misma manera se valorará en el espacio con el fin de garantizar la integridad en la salud los niveles de contaminación de alimento, la hermeticidad de los paquetes y la irradiación con fuentes gamma, como medio para evitar la contaminación de patógenos específicos.

Bajo la sospecha o expresiones semiológicas de infección en la tripulación es preciso utilizar el EEP específico o sistema de precipitación de partículas energéticas por sus siglas en inglés, que es una especie de respirador. Cabe señalar que las soluciones antisépticas conformadas a base de alcohol dentro de la nave están contraindicadas, pues podría contaminar suministros de agua, por lo contrario, se recomiendan soluciones como cloruro de benzalconio y compuestos con base de clorhexidina.¹⁵⁷

Muy probablemente en un futuro existan unidades de enfermerías en el espacio, en grandes naves tripuladas y en los asentamientos en la Luna o Marte, por eso es importante que se entienda al reconocimiento semiológico en estos entornos, y se profundice en las técnicas de primeros auxilios, instalaciones de catéteres y procedimientos en general. Actualmente los viajes espaciales cuentan con un botiquín sencillo de primeros auxilios que contiene lo necesario para una emergencia médica, pero se debe seguir estudiando la implicación de los servicios médicos durante las misiones o asentamientos. (Anexo 24)

¹⁵⁶ SpaceX,. (2015). *CRS-6 Mission Press Kit*, NASA. *NASA.gov*. Obtenido 12, 2016 de: http://www.spacex.com/sites/spacex/files/spacex_nasa_crs-6_presskit.pdf pp. 20

¹⁵⁷ Jackman, C. (2016) *Direct EPP effects on the middle atmosphere* (1st ed.). Washington: NASA Goddard Space Flight Center. Obtenido 12, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110013259.pdf> pp. 1-5

Todos estos factores del entorno para evitar peligros y su interrelación con otras necesidades se pueden circunscribir de la siguiente manera: Oxigenación está relacionado con el aumento en el riesgo de sufrir lesiones derivado de la disminución de las capacidades vitales que preserven al sujeto en situaciones de riesgo ; Nutrición requiere una estrecha vigilancia para evitar contaminantes e intoxicaciones; Además de la importancia biológica, la implicación psicológica que conlleva la sana eliminación y el espacio donde se depone; Menos horas de sueño pueden causar un letargo en la reacción de los astronautas, en relación a las constantes variables en el entorno entre día y noche; Los trajes de actividad intravehicular y extravehicular protegen al astronauta del entorno fuera de su nave y la nave a su vez del espacio; La temperatura esta medida por la distancia o grado de exposición a estrellas y la radiación de calor; La comunicación con una central operativa de misión en la Tierra actúa como contramedida, brindando la información necesaria para actuar en el entorno y eludir los peligros; Las actividades recreativas procuran la psicología del astronauta y aminoran el grado de estrés durante la misión; El aprendizaje conlleva la capacidad de contener la información necesaria para actuar en cada escenario y evitar los riesgos mediante un protocolo planificado; La microgravedad también es un buen hábitat para microorganismos y en conjunción con la depresión del sistema inmune representa un riesgo solo evadible mediante la higiene; las creencias y valores así como la ocupación implican cierta estructura de pensamiento que puede servir como reforzador de las conductas en cualquier ambiente y pueden ser el parteaguas de situaciones de riesgo microgravedad, el espacio, la astronave y en la vida en general.

X. Comunicación interestelar.

A continuación, comprenderemos la trascendencia de los sistemas de comunicación en el entorno espacial y el astronauta, haremos una revisión de la implicación de los cuidados de enfermería en relación a esta necesidad y el nivel de atención proporcionado durante las misiones espaciales, además conoceremos la apasionante historia detrás del establecimiento de la comunicación espacial desde la tierra hacia el universo. Sin pasar por alto las tecnologías de información y comunicación en aplicaciones médicas en el espacio a través de la telemedicina, telecardiología y telecirugía, cuestión que propicia el desarrollo de plataformas para telecuidados, a la vez de proveer un exclusivo campo de actuación a la ciencia de la enfermería en venideros viajes espaciales, colonias extraplanetarias y unidades de Enfermería espaciales.

1. Necesidad de comunicación

Comunicación proviene del latín *comunicare*, que significa "poner en común, compartir algo", es entonces la comunicación un proceso mediante el cual podemos transmitir y recibir datos, ideas, opiniones, experiencias y actitudes para lograr la comprensión del entorno y tomar una acción en consecuencia.

La comunicación es el elemento básico generador de sociabilidad, el distintivo de la humanidad, pues le confiere características de racionalidad y sustenta las estructuras sociales que ha desarrollado a lo largo de la historia. El principio fundamental para su correcta función depende de un emisor y un receptor, el emisor transfiere el mensaje bajo una configuración lógica y elocuente, el receptor recibe el mensaje, interpreta y analiza.¹⁵⁸

En el cuidado la comunicación es de suma importancia, pues implica interacciones sociales entre los sujetos de cuidado y los enfermeros, de aquí que la habilidad social de comunicación está desarrollada en Enfermería, comprendiendo el lenguaje oral y escrito de los sujetos e interpretando el enjuague verbal y no verbal de las personas. Además de ser el principal traductor de la semiología clínica que el cuerpo expresa, generando a partir de las configuraciones entre signos y síntomas, interpretaciones hipotéticas sobre el estado de salud del sujeto y consecuentemente accionando en intervenciones. Este es sin duda el principio fundamental de la comunicación científica que emana del proceso de atención de Enfermería.

Todas las ciencias con su objeto de estudio tienen un acercamiento en el orden de la lógica y la racionalidad, en las ciencias espaciales los físicos, matemáticos, químicos

¹⁵⁸ Fuam (n. p.) Manual de comunicación para investigadores pdf pp 2-11. Obtenido 12, 2016 de: <http://fuam.es/wp-content/uploads/2012/10/INTRODUCCION.-La-Comunicacion.-Principios-y-procesos.pdf> pp.4-

e ingenieros inciden sobre ejes de comunicación interna para con la misma ciencia, y externa, para con los sujetos implicados en la aplicación de los conocimientos, en este caso, los astronautas. Lo mismo sucede en la Enfermería y los cuidados, pues la hermenéutica del estado clínico del astronauta es inherente a la interpretación organoléptica de la fenomenología patológica o alteración de la necesidad por la que cruza el astronauta, en ello recae la importancia de tener capacidades de comunicación muy afinadas, como dominio de múltiples idiomas y lenguajes técnico científicos de las misiones, para la enfermería en general, pero sobre todo para lograr la Enfermería Espacial.

Los sonidos de la Tierra

El ser humano a lo largo de la historia siempre ha tenido la pretensión de establecer comunicación con otras sociedades y establecer vínculos de comunión, desde las pinturas rupestres, las señales de humo, los libros, las telecomunicaciones, hasta llegar al máximo ejemplo en el campo de la astronáutica; Las sondas espaciales estadounidenses lanzadas en 1977, las Voyager 1 y 2.¹⁵⁹

En ambas se encuentra un mensaje grabado en un disco de cobre bañado de oro, llamado "*The sounds of earth*" (Anexo 25), destinado a la recepción de alguna probable civilización extraterrestre, donde se incluye un mensaje del entonces presidente Jimmy Carter que decía, "Lanzamos este mensaje al cosmos. De los 200 mil millones de estrellas de nuestra galaxia, algunas, tal vez muchas, pueden tener planetas habitados y civilizaciones con tecnología espacial. Si una civilización intercepta nuestra nave y puede descifrar el contenido, este es nuestro mensaje: "Estamos tratando de sobrevivir a nuestro tiempo para poder vivir en el de ustedes. Esperamos algún día, después de haber resuelto los problemas que enfrentamos, unirnos a una comunidad de Civilizaciones Galácticas. Este registro representa nuestra esperanza, nuestra determinación y nuestra buena voluntad en un universo vasto e impresionante".¹⁶⁰

También se incluyeron grabaciones de saludos en cincuenta y cinco idiomas, una hora y media de música donde cabe resaltar que estaba la canción mexicana de mariachis "El cascabel", fotografías, la localización de nuestro sistema solar, unidades de medida que utilizamos, características de la Tierra, cuerpo humano, algunos animales y de la sociedad en general entre otras.¹⁶¹ El contenido del disco fue elegido



¹⁵⁹ NASA (n.p.) Voyager in the interestelar mision. online Nasa.gov. Obtenido 12, 2016 de: <http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/goldenrec.html>

¹⁶⁰ Logsdon J., (2008) Ten presidents and NASA. online Nasa.gov. Obtenido 12, 2016 de: https://www.nasa.gov/50th/50th_magazine/10presidents.html

¹⁶¹ Dunbar, B. (2008). NASA - Voyager Facts. online Nasa.gov. Obtenido 12, 2016 de: https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/1105voyager_facts.html.

por un comité de científicos encabezado por el famoso divulgador Carl Sagan. Actualmente las sondas se encuentran a 39 años de su lanzamiento, y más allá de la heliosfera, que incluso las telecomunicaciones de la sonda con la Tierra tienen un retardo de 15 horas aproximadamente, y viajan a una velocidad aproximada de 17 kilómetros por segundo, se estima que en el 2025 las baterías de la nave dejarán de funcionar y aunque siga viajando, ya no podremos recibir información de lo que ve a su alrededor. ¹⁶²

Esto abre un gran campo para la actuación en materia de telecomunicaciones y por supuesto que también se implicará a lo largo de la historia la Telemedicina, partiendo de 1844 con el Nacimiento del telégrafo y los primeros mensajes con información médica, más tarde en 1972 se usará la radiolocalización del personal sanitario a través de beepers, hasta llegar a complejos sistemas de telecomunicación por internet con uso de registros y localizaciones satelitales.

Esto se puede lograr a través de la red de comunicaciones por radio y satélite que permite a la tripulación de la estación espacial internacional hablar con los centros de control de la Tierra y el orbitador. También permite que el control de la Tierra supervise y mantenga los sistemas de la EEI y permita a los controladores ligeros enviar comandos a estos sistemas, transportando datos a diferentes centros de control de todo el mundo. El sistema de comunicaciones espacial permite : Establecer comunicación bidireccional de video y audio entre tripulantes a bordo de la EEI, incluyendo tripulantes que participan en actividades extravehiculares; Transferencia de comunicación bidireccional de audio y video con el centro de comando de la misión en Houston; Triangulación de telecomunicaciones de telemetría entre el centro de control en la Tierra y el centro de operaciones de carga útil y el control de vuelo de la estación espacial internacional. ¹⁶³

Un gran ejemplo es el uso de la telecardiología como una de las más grandes contribuciones de los cuidados vasculares en el espacio, pues permite la transmisión de datos clínicos desde el cuerpo del astronauta hasta una base de datos en la Tierra, con ella se monitoriza el estado fisiológico que va cursando a lo largo de la misión , se clasifica el grado de afección a la salud e incluso se pueden prever cuadros clínicos de riesgo durante los largos viajes. Cabe destacar la participación del Dr. Ramiro Iglesias, como el primer científico mexicano en recibir un trazo electrocardiográfico desde el espacio proveniente del astronauta Anders que viajaba en el Apolo 8 el 24 de diciembre de 1968. ¹⁶⁴(Anexo 26)

¹⁶² Goldenrecord.org. (n.d.). Voyager Golden Record. [online] Obtenido 12, 2016 de: <http://goldenrecord.org/>.

¹⁶³ NASA (n.p.) Communications System, International Space Station (ISS) Interactive reference guide. obtenido 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/externalflash/ISSRG/pdfs/communications.pdf> pp. 1-5

¹⁶⁴ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial*. 1st ed. México: LIMUSA.

La atención a los cuidados por otra parte, puede tener gran implicación en este campo, pues supone un enfoque clínico desde la Tierra al astronauta, centrado en frecuencia cardíaca, presión arterial, electrocardiograma, frecuencia respiratoria y algunos datos de signos y síntomas extras. Son entonces datos suficientes para permitir el inicio de una valoración clínica permanente, una categorización de necesidades alteradas e intervenciones que solventen el problema de salud latente. Aunque en un futuro este tipo de contacto con los viajeros espaciales y la Enfermería será in situ, ahora ya se puede pensar en Teleenfermería como ya se hace dentro de la Tierra con múltiples pacientes simultáneamente.

A pesar de que existe actualmente la telecirugía robótica y que ofrecen ventajas marcadas como disminución del trauma quirúrgico, disminución de hemorragias, menor tiempo de anestesia, pronta recuperación y en general mejores resultados clínicos. En materia de atención salubre en astronautas y el espacio, la telecardiología sigue siendo una mejor herramienta para el cuidado de la salud del astronauta para enfermería, ya que técnicamente es más fácil obtener, registrar y transmitir los signos clínicos, en conjunto son buenos indicadores del estado del astronauta y muestran las alteraciones a través de la estancia espacial de eventos críticos como la aceleración de escape, el periodo de aclimatación a la microgravedad, periodos de actividad extravehicular, desaceleración de reingreso a la atmósfera y la gravedad terrestre.¹⁶⁵

La comunicación de enfermería y los sujetos candidatos a vuelo también debe ser muy cercana previo al viaje espacial, durante el vuelo la atención podrá ser in situ y/o a distancia, y en los planes de atención junto con el equipo médico completo al regreso a la Tierra. Atendiendo etapas elementales del proceso de cuidados a la salud, es decir, valoración, diagnóstico, planificación, intervención y evaluación.¹⁶⁶

i. Previo al viaje espacial.

Además del examen clínico descrito en capítulos anteriores, es importante que el astronauta exprese todas sus opiniones, miedos, e inseguridades sobre el viaje. En muchos de los casos les hacen entrevistas y tienen acercamientos con el presidente o comunicados internacionales para aminorar el impacto psicológico además de aumentar la moral de la tripulación. Así mismo es crucial que exista un apartado de información y cuidados a la salud antes de que partan, así como se hace con el departamento de nutrición y acondicionamiento físico, entre otros. Donde se informe

¹⁶⁵ Gilles, C. (2011). Fundamentals of Space Medicine. 2nd ed. Springer, Cap 7 "Operational Space Medicine". Obtenido 12, 2016, de [http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine 20131128 113738.pdf](http://aero.ajaums.ac.ir/d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine%20131128%20113738.pdf) pp.294-301

¹⁶⁶ Milan, D. and Bellido, J. (2010). Proceso Enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los Lenguajes NNN. 1st ed. [ebook] España. Obtenido 12, 2016 de: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0714.pdf>.

a los astronautas a través de charlas y conferencias de educación a la salud sobre tópicos como el manejo de emergencias en el espacio, el mantenimiento higiénico dentro de la nave, la medicación contra la sintomatología, procedimientos técnicos específicos de enfermería en el espacio realizados entre la misma tripulación, como registro de constantes vitales, técnicas para tomar muestra de tejidos sanguíneos, medidas de prevención a infecciones, así cómo explicarles el plan de cuidados que llevarán a lo largo de su estancia y orientarlos sobre efectos adversos de la microgravedad.

ii. Durante el viaje espacial

Dentro de la nave espacial y derivado de la distancia puede surgir un problema con las telecomunicaciones, un retraso de minutos, cuestión que en emergencias podría ser crucial. Por eso se han implementado tecnologías “*wearables*”, que registran los datos clínicos a dispositivos cercanos. Podemos entender cómo *wearable* a todos los dispositivos que se pueden colocar sobre el astronauta y usar junto con el traje espacial e incluso colocarlos dentro del cuerpo del paciente, esto nos permite llevar un registro minucioso, visualizar e incluso enviar y recibir información de forma inalámbrica. Se pueden llevar dispositivos como: brazaletes digitales, sensores monitores en las piernas, en el pecho o en implantes dérmicos, sin duda abren un mundo de posibilidades a los telecuidados y la aplicación de la Enfermería a distancia del espacio, aunque es probable que en un futuro no muy distante sean necesarios cuidados en unidades espaciales de Enfermería. (Anexo 27)

Téngase en cuenta además de la aplicación en telecuidados, los cuidados de comunicación propiamente dichos como contramedida a las afecciones psicológicas del confinamiento, soledad y estrés. Los astronautas tienen periodos de socialización y comunicación internos con los otros miembros del equipo, incluso participan en actividades grupales programadas donde logran expresar sus ideas. A la par de ser cuidados psicológicamente por los programas de salud de manera externa, a través de la planificación de intervenciones sobre comunicación como enlazar conferencias con estrellas cinematográficas, saludos a presidentes, participación en programas de televisión y enlaces científicos, pero, sobre todo, lograr un canal de comunicación efectiva con familiares. Todo esto constituye parte de los cuidados psicológicos al astronauta a través de la comunicación.

Los medios de comunicación tradicionales de los astronautas desde el espacio son usados para enlazar conferencias como *skype*, trabajar en blogs como el caso de la astronauta Samantha Cristoforetti en *Google +*, publicar autofotos y fotos desde la estación espacial como Scott Kelly, video blogs en *YouTube* Como el astronauta Chris Hadfield o los canales de la NASA y Roscosmos, donde mantienen una vista permanente de la Tierra desde la Estación espacial Internacional y en algunas fechas del año se mandan comunicados. Todos ellos también escriben en la plataforma Twitter y Facebook durante las misiones espaciales.

iii. Al regreso a la Tierra.

Si bien los planes de cuidado al regreso a la Tierra están enfocados en la situación orgánica del astronauta, es imprescindible pensar en la atención psicológica tras su regreso a la civilización. Este plan de aclimatación social debe de cruzar por periodos de acercamiento con sus seres queridos, informes generales de estado de salud al astronauta y a su familia, comunicados internacionales del estado del astronauta, a la par de acercamientos con médicos, científicos, y en muchos casos al presidente donde extiende felicitaciones personales por su desempeño extraterrestre. Es vital para la misión que el capitán de la tripulación entregue un informe detallado de los procesos vividos durante el vuelo espacial con el fin de aprender de los errores y mejorar, del mismo modo que socializar las peripecias y logros científicos de la misión con la agencia y la sociedad general del conocimiento astronáutico. Es probable que el cuidado de la necesidad de comunicación sea un factor clave para la recuperación orgánica del astronauta y un factor de gran peso para los fines de la misión y la ciencia.

2. Comunicaciones y transportes extraterrestres.

Aunque el proyecto más actual de la NASA de colonización en Marte, "SpaceX", integra mucha de la tecnología de comunicación y revoluciona los dispositivos tecnológicos de transporte. Como lo es el uso de drones, prototipos de naves espaciales autodirigidas, camionetas de transporte para la superficie marciana, satélites etc. Es probable que en misiones próximas se siga actualizando esta tecnología, ejemplo de esto es la propuesta de llevar internet a Marte a través de cientos de pequeños satélites o el desarrollo del transbordador reusable "Dragon" de la misma compañía, con el fin de agilizar el tiempo de traslado de pasajeros y acelerar el tiempo de retardo en las comunicaciones, para abrir paso a la aplicación científica de las múltiples disciplinas, entre ellas la del cuidado a la salud de los astronautas y viajeros espaciales, pues se puede señalar que el reto de distancia entre planetas consiste en una alineación de ambos, donde Marte se encuentre en su punto más cercano al sol y la Tierra en su punto más lejano, en teoría esto colocaría ambos planetas a una distancia de 54.6 millones de kilómetros de distancia, lo que se calcula tiene un tiempo de traslado aproximado de 18 meses, poniendo en alto riesgo la vida de cualquier sujeto para traslados y mensajes de emergencia, esto añade factores para considerar la unidad de enfermería espacial dentro de los puertos espaciales que se planean para dichas misiones. ^{167 168}

¹⁶⁷ SpaceX. (2016). Dragon. [online] Obtenida 12, 2016, de: <http://www.spacex.com/dragon>

¹⁶⁸ NASA, (2015, 15) Journey to Mars. Pioneering Next Steps in Space Exploration. Artículo obtenida 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/journey-to-mars-next-steps-20151008_508.pdf

Solo para contextualizar al lector quizá sea necesario recordar que la velocidad de la sonda espacial más veloz es la "New Horizons" de la NASA que viaja a 58.000 kilómetros por hora y actualmente se encuentra cerca de Plutón. Si su destino hubiera sido Marte tardaría 39 días como mínimo y 289 días como máximo, con un promedio de 162 días, es imprescindible contrastar esta información con la velocidad de la luz que tiene un valor 299 792 458 metros por segundo y el sonido solo viaja a 343 metros sobre segundo dentro de la atmósfera terrestre, considerándose un Match. ¹⁶⁹

Si coincidiéramos la luz que percibimos de la Tierra a Marte, entendiendo que es lo más veloz en el universo, aún en su punto más cercano interplanetario, tendríamos un retraso de 3 minutos y 8 minutos del sol, lo que literalmente indica que aunque parece actual estamos viendo un reflejo luminiscente del pasado, situación que ejemplifica claramente la problemática de salud, pues en casos de emergencia unos minutos de no actuación sobre el organismo enfermo, como podría ser ataque cardiaco, se traducen en muerte.

En contraste algo semejante ocurre con las barreras comunicativas por distancia en el mismo planeta Tierra, entre continente y continente. Lo que evidencia los mayores retos de comunicación extraterrestre, entre humanos, así como la intención constante de las agencias espaciales, expresada en desarrollo de exploraciones por sondas interestelares, enfocadas en encontrar vida inteligente y establecer contacto con ella. Alguna vez Carl Sagan dijo, "A veces creo que hay vida en otros planetas, y a veces creo que no. En cualquiera de los dos casos la conclusión es asombrosa". El supuesto de encontrar vida con cierta cultura requeriría una revisión lingüística para lograr comunicación efectiva, aunque el hombre ha encontrado un lenguaje universal, las matemáticas. De cualquier forma, la NASA ya tiene ejes de investigación en materia de comunicación exterior a la Tierra, conocido como *SETI*, por sus siglas en inglés "*Search for ExtraTerrestrial Intelligence*", o Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre, que intenta establecer comunicación a través de la emisión de mensajes al espacio de distintas formas, con la esperanza de recibir algún mensaje de recepción. Aunque jamás se ha recibido algún mensaje extraterrestre en la historia, los científicos no pierden las esperanzas en este tipo de proyectos, pues el universo es mucho más grande que cualquier esfuerzo humano. ¹⁷⁰

Solo en nuestra galaxia existen aproximadamente cien mil millones de estrellas y existen probablemente cien mil millones de galaxias, y en cada una de esas estrellas podría haber planetas en condiciones similares al nuestro. Esto matemáticamente implica un alto grado de probabilidades de que existiese alguna civilización, con

¹⁶⁹ NASA, (n.d.). ¿Qué tan lejos están los planetas? [online] Obtenida 12, 2016, de: http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/downloads/sse_timeline_spanish_back.pdf

¹⁷⁰ Steven J. Dick, "The Search for Extraterrestrial Intelligence and the NASA High-Resolution Microwave Survey (HRMS): Historical Perspectives," *Space Science Reviews* 64 (1993): 93–139.

necesidades, cultura, creencias e intenciones de comunicación como nosotros. (Anexo 28) Aunque la distancia es tal que aun viajando a la velocidad de la luz tardaríamos centenares de años en establecer contacto con vida inteligente. Esto, asumiendo que nuestra única barrera fuera la distancia y no variantes lingüísticos o multidimensionales con las que nos pudiésemos relacionar, cualquiera que sea, aun es un gran interés científico y popular.^{171 172}

En conclusión, podemos entender la comunicación como una herramienta para lograr una estructurada organización, ampliando los horizontes de comunicaciones y transportes por la ingeniería, pero haciendo uso de ellos a través de la aplicación científica funcional para preservar el objetivo de los viajes espaciales. En el sentido de los cuidados, será un vehículo de enlace entre profesionales de las disciplinas espaciales para encontrar una resolución a las peripecias del trayecto y un importante instrumento para llevar a cabo las actuaciones clínicas de los profesionales del equipo médico, con énfasis en la Enfermería Espacial y futuros profesionales preparados en grado tal que puedan brindar atención a la salud de los astronautas y otros miembros, dentro de las astronaves.

¹⁷¹ Billingham, J. (2014). Archaeology, Anthropology and interstellar communication (1 ed., Vol. 1, cap 1 "SETI: The NASA Years" pp. 1-10. Washington, DC, NASA Vakoch A. ebook obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Archaeology_Anthropology_and_Interstellar_Communication_TAGGED.pdf pp. 1-10

¹⁷² deGrasse Tyson N. (2003) The Search for Life in the Universe Online nasa.gov. Obtenido 12, 2016 de: https://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/search_life_1.html

XI. Cosmovisión y experiencia espacial.

Las creencias y los valores son tomados muy en serio por los astronautas y las agencias espaciales, pues tienen inferencia en la toma de decisiones y en la actuación del ser humano. Por eso en este apartado conoceremos más de cerca cuál es la cosmovisión social sobre las exploraciones del espacio, exploraremos las creencias religiosas, espirituales y cómo se mezclan con las teorías del universo y la física. Además, expondremos algunos ejemplos de astronautas y su personal conexión espiritual, prácticas y rituales. Sin dejar pasar la concepción mesoamericana del espacio interestelar y cómo afecta sobre la vida del ser humano. Finalmente conoceremos el sistema valores con el que se rige la NASA para con los astronautas y cómo estos actúan en consecuencia.

1. Necesidad de vivir conforme a valores y creencias.

Actuar según creencias y valores es una necesidad humana que implica vivir y tomar decisiones conforme a la propia noción del bien y el mal, conducirse bajo valores y actuar según la concepción que se tiene de justicia, ideología y creencias particulares. No es posible la vida sin la interacción constante con otras personas y sociedades. Estas interacciones impregnan al ser humano de constructos culturales y espirituales, en los que se comparte la interpretación metafísica de la realidad y su prospectiva en la vida y en la muerte, es decir, la cosmovisión.¹⁷³

Desde la perspectiva histórica la cultura ha tenido un impacto sobre la exploración, a través de las creencias de encontrar nuevos lugares y sociedades en la Tierra, a veces impulsada está navegación por grupos hegemónicos gubernamentales o eclesiásticos, ejemplo de esto es la influencia católica en el descubrimiento del continente americano. Las creencias siempre han acompañado al ser humano en su exploración, desde la antigüedad clásica con el pensamiento de monstruos marinos y la Tierra plana en las navegaciones marítimas, pasando por la Teoría heliocéntrica y la física de Newton que explica la dinámica astronómica en las trayectorias de lanzamientos espaciales, hasta llegar a las estructuradas concepciones interpretativas que hoy en día logran consenso científico del universo y que se usan para misiones espaciales, es decir la teoría de la relatividad general de Albert Einstein ,la mecánica cuántica de Max Planck (Anexo 29) o la teoría de cuerdas. Sin duda el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha sufrido evoluciones en paralelo a los procesos sociales y culturales en los que se mezclan las creencias y valores de las naciones a través de la historia.¹⁷⁴

¹⁷³ Leddy S. Pepper J.(1989) Bases Conceptuales de la Enfermería Profesional. Organización Panamericana de la salud. New York.

¹⁷⁴ Asimov, I. and Burke, J. (1985). *The impact of science on society*. Online NASA. gov. Obtenida 12, 2016, de:<http://history.nasa.gov/sp482.pdf>

En todas las culturas la cosmovisión a lo largo de la historia de la humanidad, ha sido trasladada a mitos y creencias hacia el cielo, proyectando la herencia cultural de las creaciones folclóricas representadas en constelaciones y deidades celestiales en los planetas, ejemplo de esto es el nombre actual de los planetas que derivan de los dioses griegos con su adaptación de nombre romano o la gigantesca muestra arqueológica de las culturas mesoamericanas que perpetuaron e ilustraron lo buen observadores del cielo que eran los mayas plasmando en códices y pinturas su gran conocimiento astronómico, matemático y su rica mitología y rituales. Lo cual es propio de su cosmovisión religiosa y peculiar visión predictiva basada en ciencia y cálculos.¹⁷⁵

En América Latina también las tradiciones mesoamericanas compartían una cosmovisión de interpretación astral, donde se explica la fuerza de la naturaleza y el flujo de deidades con las relaciones interestelares, objeto de veneración y objeto identificación de patrones astronómicos como agentes de acción benéfica o maléfica sobre la vida del hombre. La observación astronómica de los pueblos precolombinos combinaba cierta exactitud de predicciones astronómicas en relación a las estrellas ,con manifestaciones sensoriales impregnadas de sacralidad, expresado en el ámbito celeste, el mundo intangible y espiritual de las deidades y los ancestros, es decir, pensaban que el orden de lo terrenal era una reproducción fiel del orden cósmico universal. Esta idea queda clara en la expresión Maya, "bey ti'ka'an, bey ti'lu'um, "según es el cielo, así es el mundo". Siendo este un claro ejemplo de la herencia en México y América latina sobre el peso de la espiritualidad vinculada al cielo, el espacio y las estrellas.^{176 177}

La estación espacial internacional de la NASA incluye una diversidad de astronautas de muchas naciones, con diferentes costumbres y valores, pero en la estación y en las misiones se sigue la visión y valores de la NASA que rigen a los astronautas, aunque cada agencia espacial tiene sus propios valores muchos de estos son compartidos. Así mismo, la misión general de la NASA, como institución, es asegurar el éxito de cada uno de los protocolos de misión, contemplando el estado de salud de los tripulantes y las tecnologías para su desarrollo, proporcionando la seguridad de la

¹⁷⁵ Torres, A. (1999) *La observación astronómica mesoamericana* Obtenida 12, 201, de: <http://www.revistaciencias.unam.mx/imagenes/stories/Articles/54/CNS05403.pdf>

¹⁷⁶ Broda, J, Stanislaw I (eds.) (1991) *Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamérica*. (772 pp., 266 il.) (editora principal, Introducción y coautora del libro). Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México

¹⁷⁷ López A. (2012). *Cosmovisión y pensamiento indígena*. Obtenida 12, 2016, de: http://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/495trabajo.pdf?PHPSESSID=ffc42510e755335c76404a255913b8ab

operación a través de valores como: Seguridad, integridad, respeto, trabajo en equipo, equilibrio, innovación y excelencia.¹⁷⁸

La NASA significa los valores como:

Seguridad, que implica el cuidado individual y grupal de daños innecesarios como piedra angular del éxito. El compromiso con la seguridad y salud de cada uno de los implicados en las misiones espaciales y con las sociedades en conjunto con otras agencias como indicador principal de seguridad.

Integridad, construir el éxito mediante entornos de confianza y actuaciones éticas, donde se exige sinceridad y honestidad.

Respeto, apreciar la creatividad y extensa perspectiva de los diversos equipos, la diversidad es vital para el éxito.

Trabajo en Equipo, se entiende y se cree que el pensamiento, planeación, toma de decisiones y actuaciones son mejor cuando se hacen cooperativamente. Se reconoce la idea y creencia de que "ninguno de nosotros es tan bueno como todos nosotros", también se reconoce que cada función es parte de un rompecabezas gigante.

Balance, se cree en la importancia significativa de los logros y goces diarios de cada uno de los cuatro cuadrantes de la vida: trabajo, familia, amigos y a sí mismo.

Innovación, cultivar creatividad y buscar conocimiento que fortalezca los equipos y nosotros mismos. Reconociendo la innovación como una manera para energizar la motivación y actuación, llevando con un sentido de orgullo y logro personal.

Excelencia, buscar consistentemente las maneras para mejorarnos y para mejorar la organización promoviendo un crecimiento continuo, aprendiendo de la diversidad de la experiencia. Se cree en proveer servicios de gran calidad que otorguen valor a largo plazo de los implicados.¹⁷⁹ (Anexo 30)

Estos valores internos en los astronautas cobran sentido debido al privilegio de asumir misiones de extraordinario riesgo, complejidad y de relevancia mundial e histórica. Además, cabe señalar que la interacción entre países y agencias espaciales, diversifica el marco de valores y creencias de los cosmonautas. Aunque generalmente las misiones espaciales son realizadas por Estados Unidos con la NASA y Rusia con

¹⁷⁸ NASA, (n.d.). *NASA Vision and Mission*. Online Naefrontiers.org. Obtenida 12, 2016, de: <https://www.naefrontiers.org/File.aspx?id=22013>

¹⁷⁹ Dunbar, B. (2016). *IV&V Vision, Mission, and Values*. Online NASA. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/centers/ivv/about/vision_mission_values.html.

Roscosmos, también están implicados países como Canadá, Japón, Francia, Alemania, Italia, España, Suiza, entre otros. Lo que implica un intercambio cultural y político en el que se suman las creencias nacionales e individuales de cada astronauta.

Las creencias de orden religioso de los astronautas también son un aspecto inherente en las misiones espaciales y son relevantes en los contextos políticos de cada país, tal es el caso durante la guerra fría y la carrera espacial entre Estados Unidos y Rusia donde Neil Armstrong dijo la famosa frase "Un pequeño paso para un hombre, un gran salto para la humanidad" despertando la euforia y motivando a los científicos espaciales, para después hacer declaraciones en la tierra sobre su condición cristiano evangélico. Así como Neil Armstrong muchos astronautas han hecho pública su fe cristiana, como Frank Borman, Jhon Glenn e incluso se puede ver durante una entrevista a la astronauta americana Sunita Williams en la Estación Espacial Internacional flotar por las cabinas con un crucifijo cristiano de metal sobre el cuello.¹⁸⁰

Existe entonces una interrelación de esta necesidad con otras , por ejemplo, oxigenación con el control de la respiración mediante meditación, alimentación se ejemplifica con la cena de acción de gracias en el espacio, eliminación y las exigencias particulares de pudor , vestirse y desvestirse unida al uso de prendas alusivas a la Navidad durante esta época, o el caso del astronauta italiano Luca Parmitano disfrazado del superhéroe "Superman" durante la celebración de la noche de brujas, otro ejemplo es la decoración de la estación espacial con árbol navideño y calcetines en la necesidad de entorno y evitar peligros, pues brinda los medios que cuidan la integridad psicológica de los astronautas al igual que el esporádico hábito de los astronautas por mirar la Tierra desde la bóveda de la EEI. Comunicación y ocupación están muy relacionadas a las etapas de motivación y reconfortamiento espiritual, como mirar mensajes de sus seres queridos o interactuar con grupos en la Tierra, como el caso de la interacción musical del astronauta canadiense Chris Hadfield con un conjunto musical desde el espacio con la Tierra.^{181 182}

Es entonces los viajes y la ciencia espacial un gran motivador y fuente de inspiración para los científicos, pues cada una de las misiones e innovaciones científicas construye un futuro mejor para la humanidad. De manera que envuelve los paradigmas culturales y tiene un fuerte impacto sobre la sociedad actual, al grado de mantener cierta vinculación desde las redes sociales como Facebook, YouTube o



¹⁸⁰ Documentary Tube, (2015). *Tour of the International Space Station*. Video Obtenido 12, 2016, de: <https://youtu.be/bhGydridbEA>

¹⁸¹ Carpenito LJ.(1994) Planes de cuidado y documentación en enfermería. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana.

¹⁸² Garcia, M. (2016). *Christmas | Space Station*. Online Blogs.nasa.gov. Obtenido 12, 2016, de: <https://blogs.nasa.gov/spacestation/tag/christmas/>

Twitter. Donde se han puesto *streams* de lanzamientos desde el estado de Florida o la constante puesta en *stream* desde la estación espacial internacional de la Tierra, además de ser objeto documental para el público en general, en múltiples producciones cinematográficas, libros y documentales.¹⁸³

Todo lo anterior ha construido las creencias y prospectivas de las naciones sobre el futuro y los avances científicos en materia de desarrollo espacial, actualmente la humanidad completa tiene la mirada en el 2033, la incertidumbre de la colonización en Marte y la esperanza del establecimiento permanente. Siempre se ha mantenido el interés del hombre en el mundo sobre las misiones relacionadas con la superficie en Marte, desde las primeras sondas espaciales que fotografiaban la superficie marciana durante la guerra fría, hasta la actualidad con el programa *SpaceX*, el desarrollo de transbordadores que buscan lograr una especie multiplanetaria, colonias sustentantes y viajes regulares a costos alcanzables por la población en general.

Se puede concluir que la necesidad de actuar según creencias y valores debe ser cuidada por el personal de Enfermería, desde el enfoque particular y social. Atender a las creencias personales de cada astronauta en adhesión con su cosmovisión cultural en todos los sentidos, proteger el entendimiento ideológico y moral de cada sujeto a través de la comprensión del conjunto de ideas y valores sociales de cada uno. Así mismo respetar y procurar los espacios de los ejercicios rituales, tales como ceremonias y celebraciones. Pero sobre todo la ciencia de enfermería debe apropiarse de valores y creencias para poder ser fuente de inspiración para las nuevas generaciones espaciales y brindar cuidados de calidad a la futura especie interplanetaria.

¹⁸³ Asimov, I. and Burke, J. (1985). *The impact of science on society*. Online NASA. gov. Obtenida 12, 2016, de:<http://history.nasa.gov/sp482.pdf>

XII. Recreación y estancia espacial.

Los procesos psicológicos y el estrés son factores determinantes durante la misiones espaciales, y puesto a que la necesidad de establecer periodos de recreatividad es la terapia más funcional para el cerebro frente a las extenuantes labores y entornos de ingravidez, en este capítulo abordaremos la penúltima necesidad descrita por Henderson y su correlación a las intervenciones de cuidados actuales en el espacio con astronautas, ejemplificaremos algunas actividades en la estación espacial internacional y abriremos el horizonte en relación a la recreatividad para colonización y viajes largos.

1. Necesidad de recreación.

Es la decimotercer necesidad humana y última de Virginia Henderson, la necesidad de participar en actividades recreativas. Recreación es definido como acción efecto de recrear y brindar diversión para alivio del trabajo, la recreación no es más que la actitud lúdica positiva para desarrollar actividades en el tiempo y que permitan el logro del balance biológico y social, dando como resultado una buena salud y una mejor calidad de vida.

De esta manera es como Enfermería aborda el cuidado de dicha necesidad y según Virginia Henderson constituye un requisito esencial para mantener su integridad. La necesidad de participar en actividades recreativas se encuentra anclada a la necesidad de descanso, comunicación y aprendizaje primordialmente, incluso contempla paradigmas psicológicos o pedagógicos y conlleva actividades para el desarrollo de habilidades de pensamiento, ejercicios mentales y destrezas físicas.

El desarrollo de dinámicas lúdicas tiene un impacto directo en los niveles de estrés, disminuyéndolos y otorgando al sujeto momentos de descanso y socialización. En el espacio bajo la microgravedad, el inminente peligro y las extenuantes labores de los astronautas, podrían desarrollar cuadros serios de distres o síndrome de burnout, pues es uno de los trabajos de mayor complejidad y riesgo, y generalmente se desarrollan en el espacio alteraciones psicológicas relacionadas con el aislamiento y confinamiento, además de estrés o depresión.¹⁸⁴

Desde la neurología se sabe que en procesos de intervalo entre ocupaciones en las que el cerebro se encuentra enfocado recae la tendencia natural al recreo y esparcimiento, debido a que el cerebro tiende a regular por si solo los patrones de trabajo y descanso. Además, se sabe que en la fisiología neuronal el nivel sináptico aumenta, producto del incremento de estímulos cerebrales de las diferentes regiones del cerebro. En esto radica la importancia de establecer diversos estímulos a través

¹⁸⁴ Nicogossian AE. (1994). Space physiology and medicine. Ed. Lea & Febiger, 3 ed.

de las actividades lúdicas y contrarrestar los niveles de ansiedad o estrés en astronautas.

Vivir en el espacio no sólo implica trabajar, aunque tienen largas rutinas de ejercicio, tiempo en el laboratorio, actividades extravehiculares y encargarse de sus necesidades básicas, a los astronautas les gusta divertirse al igual que cualquier ser humano. Es por eso que los astronautas requieren de distractores que les den tiempo libre a su dura rutina mientras orbitan en la tierra, por semanas o meses. Esto es contemplado por personal en la Tierra para planear horarios que convienen trabajo y recreación diarios, con el fin de brindar diversión, relajación y optimizar el tiempo de aplicación de los procedimientos que son objetivo de la misión. Labor que debe estar adherida a los programas de enfermería espacial y ser estudiada a través de la investigación de implicación y repercusiones al confinamiento y contramedidas de cuidado.¹⁸⁵ (Anexo 31)

El grado de implicación y repercusiones del confinamiento se puede contrastar con los numerosos experimentos que se han hecho en análogos de la Estación Espacial Internacional, tales como equipos en submarinos, o miembros de equipo confinados a la investigación en la Antártida. En los que se acentúan las alteraciones emocionales, comunicativas y sociales, tales como incremento de la hostilidad, deterioro de los canales de comunicación entre los miembros del equipo, disminución de la confianza e interacción social.¹⁸⁶

Para atender esta necesidad es primordial que enfermería comprenda las funciones educativas del juego; Desarrollo de capacidades intelectuales, muchos de los juegos en el espacio son de tipo intelectual como ajedrez o “Scrabble”, además los experimentos en el espacio algunas veces involucran juguetes ordinarios y cómo la microgravedad los afecta; El aspecto físico integral, pues implica un desahogo físico, ejemplo de esto es el video de la NASA en el que Los astronautas Reid Wiseman, Steve Swanson y Alexander Gerst aparecen jugando fútbol en la Estación Espacial Internacional; La integración emocional del juego, ya que conlleva elementos trascendentes en las misiones como manejo de emociones y expresión de las mismas; y por supuesto la concepción de las dinámicas sociales, canales de comunicación entre la tripulación y fortalecimiento de lazos afectivos.

Debido al grado de estrés y condiciones extremas a las que se puede someter un astronauta y en un futuro cualquier viajero espacial, como el prolongado viaje a Marte. En el periodo previo al vuelo es necesario establecer un marco de actividades según

¹⁸⁵ NASA, (2015). *Free Time in Space*. Online NASA. Obtenida 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/audience/foreducators/stem-on-station/ditl_free_time.

¹⁸⁶ Davis JR, et al. (2008). *Fundamentals of aerospace medicine*. 4th ed. Florida, USA: Ed. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. Pp. 221

el perfil psicológico de cada sujeto, debido a ello el departamento de psicología de la NASA ha clasificado los perfiles y se han creado medidas para contrarrestar el riesgo de desarrollar síndrome de burnout. Es de vital importancia contar con la valoración psicológica previa completa además valorar hábitos y preferencias para estructurar un plan previo de intervenciones de enfermería en este dominio, con el fin de llevar una ejecución exitosa y aminorar o anular cualquier potencial riesgo de distres en la astronave.¹⁸⁷

A esta valoración se suman factores como la intervención de familiares o un equipaje extra con instrumentos u objetos lúdicos favoritos de cada astronauta.

Durante el viaje espacial y con el horario previamente planificado se indican intervenciones recreativas, la más popular de ellas es simplemente mirar por la ventana de la estación espacial internacional, lo pueden hacer desde la bóveda de la nave, pero también cuentan con numerosas ventanas para hacerlo. Muchos comentarios de astronautas señalan la fascinación de ver la Tierra girar a gran velocidad, y contemplar las múltiples figuras y texturas atmosféricas, algunos toman fotografías desde las ventanas sobre la fascinante transición del alba y el ocaso que ocurre cada 45 minutos sobre la superficie terrestre.¹⁸⁸

Igualmente se prescriben actividades durante el viaje espacial tales como ver películas en compañía, escuchar música, leer libros, jugar cartas o establecer comunicación. Por lo que la base de operaciones bajo las recomendaciones de salud procura vincular videoconferencias con familia, amigos, científicos reconocidos o conferencias sorpresa con actores y artistas. Así como también permitir la vinculación por redes sociales y publicar desde Twitter, correo o YouTube, como es el caso de la astronauta Samantha Cristoforetti, además de mantener el contacto con noticias de audio y video, noticias deportivas. Cabe señalar que cada uno de los astronautas cuenta en su cabina de sueño con una computadora personal en la que pueden cargar software recreativo, material de audio y video para uso recreativo, también se incluyen imágenes de seres queridos.¹⁸⁹

Muchos de los astronautas también tocan algún instrumento en el espacio, el astronauta Frank L. Culbertson tocaba la trompeta, el astronauta Chris Hadfield la guitarra, incluso participó en conciertos tocando en vivo desde el espacio y el astronauta Kjell Norwood Lindgren que tocaba la gaita, por citar algunos ejemplos.

¹⁸⁷ NASA, (2015, 15) Journey to Mars. Pioneering Next Steps in Space Exploration. Artículo obtenida 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/journey-to-mars-next-steps-20151008_508.pdf

¹⁸⁸ NASA, (2015). *Free Time in Space*. Online NASA. Obtenida 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/audience/foreducators/stem-on-station/ditl_free_time.

¹⁸⁹ Dunbar, B. (2013). *NASA - Just Like Home*. Online Nasa.gov. Obtenida 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F_Just_Like_Home.html.

En algunas ocasiones incluso tienen tiempo de convivios recreativos entre la tripulación y tiempos libres marcados para celebrar ceremonias como cumpleaños o navidad. Los astronautas también juegan con la microgravedad y los alimentos, les permiten llevar ciertos alimentos como chocolates o papas de bolsa, incluso se ha grabado en videos el comportamiento de líquidos en el espacio y cómo los astronautas ingieren sus alimentos en ingravidez de manera singular.¹⁹⁰

Al regresar a la Tierra y tras la larga jornada de trabajo bajo confinamiento, es necesario que los astronautas crucen por periodos de aclimatación social con amigos y familiares. Se llevan a cabo reuniones con sus seres queridos para ayudarles a reajustar sus vínculos en la Tierra, a la par que se evalúa su salud psicológica general y se debe diseñar estrategias de contramedida desde el primer instante para buscar la adaptación social. Generalmente los astronautas a su regreso son entrevistados en televisión o radio, además participan en eventos públicos donde se reconoce su labor.

En un futuro no distante no sólo los astronautas se enfrentarán a esto de manera más cotidiana, también existirán viajeros espaciales que se desplacen largas distancias y requieran una planificación completa de intervenciones recreativas para hacer más llevadero el viaje. En palabras de Elon Musk director del proyecto space X y la colonización en Marte, durante el congreso internacional de astronáutica celebrado en el 2016 en Guadalajara, al cual asistí como parte de esta investigación. Se presentó por primera vez el plan de colonización y especie multiplanetaria a Marte, se mencionó la importancia de mantener el viaje entretenido y aseguró que los largos viajes a Marte contarían con actividades de recreación continuas como restaurantes o cines, cabe mencionar que una de las líneas del proyecto Space X es colocar satélites en órbita para lograr tener internet en Marte.¹⁹¹ (Anexo 32)

Este interés se ejemplifica en la suma de trasbordadores espaciales de uso turístico desarrollados por compañías como *Xcar*, *BlueOrigen*, *VirginGalactic*, *SpàceX* o *goZeroG* (Anexo 33) entre otros, además de la intención de impulsar los viajes turísticos suborbitales y orbitales se tiene en mente la construcción de estructuras habitables en el espacio, una especie de hotel espacial, existen algunos proyectos en marcha por parte de *Bigelowaerospace* o *Galacticsuite* por mencionar algunos. Otro interés recreativo espacial es la instauración de deportes en el espacio, aunque el astronauta Shepard en 1971 jugo golf en la luna, existen máquinas de gimnasia en la Estación Espacial Internacional o paracaidismo desde el espacio, como el sucedido en el año 2012 donde la empresa *Redbull* lanzo a Felix Baumgartner en paracaídas, aun es un campo a estudiar y explorar. Lo mismo se puede decir sobre los viajes

¹⁹⁰ CBC Music, (2013). *Chris Hadfield and Barenaked Ladies I.S.S.*. Video obtenido 12, 2016, de: <http://ChrisHadfieldandBarenakedLadies|I.S.S.>

¹⁹¹ SpaceX, (2016). *Making Humans a Multiplanetary Species*. [video] Obtenida 12, 2016, de: <https://m.youtube.com/watch?v=H7UyfqjTE8>.

espaciales turísticos a la Luna o al planeta rojo, estos se verán después de las fases iniciales de exploración y reconocimiento con trasbordadores modernos, probablemente después del 2030.

Aunque los viajes espaciales turísticos son cada vez más comunes, como los impulsados por la compañía Virgin Galactic y son en sí mismos objeto de recreación, se deben iniciar ejes de investigación en materia de psicología para hacer una revisión sobre actividades recreativas y su implementación, tal como actualmente se hace en viajes turísticos en avión, donde se brinda a los pasajeros comodidades de internet, música y video.

Enfermería tiene un gran compromiso y reto para con las ciencias espaciales, pues implica una visión completa del astronauta, una valoración metodológica de esta necesidad a través de la multidisciplinariedad como es psicología o pedagogía, y una responsabilidad en la ejecución de intervenciones que alivien la necesidad.

Conclusiones.

La conclusión puede ser expuesta en dos vertientes principales, la trascendencia de aplicación teórica del constructo argumentativo del trabajo y las particularidades técnicas propias de la investigación documental, los retos y en enlace práctico de conexión entre los diferentes tópicos abordados.

Iniciando por la segunda vertiente se debe concluir que la atención clínica de enfermería en el espacio para astronautas y futuros viajeros espaciales se debe atender basada en la evidencia más reciente, no solo del campo clínico y médico, si no también será preciso atender a las investigaciones en materia de física, ingeniería, biología, antropología, ética, astronomía y química con el fin de otorgar una óptica general y especializada en el campo de la microgravedad. Pues las futuras generaciones que aborden la investigación de los cuidados espaciales aquí estructurados en su origen, será indispensable contemplar la multidisciplinariedad y la apropiación teórica de conceptos fundamentales para atender a un ser humano en el entorno espacial.

La implementación de los cuidados espaciales descritos en esta tesina y segmentados por su estudio en necesidades básicas tienen a una forma conclusiva particular:

I. Sistema de oxigenación y astronautas.

Las consideraciones centrales de esta necesidad referentes a los sistemas de soportes vitales en el espacio exterior están enlazadas a las tecnologías de ingeniería accesorias y de complejo modo de uso, tal es el caso de los dispositivos de “electrolisis” en las cabinas al interior de la Estación Espacial Internacional. Esto coloca al enfermero espacial bajo la necesidad de comprender los múltiples dispositivos empleados en la astronáutica para así poder brindar cuidados especializados, más allá de la experticie clínica estándar requerida en el proceso de actuación propia de la enfermería en la oxigenación.

II. Movimiento y postura en microgravedad.

Esta necesidad es el pilar de los cuidados y en la que más se puede incidir de manera práctica, pues conlleva amplios planes de cuidados físicos preparativos, como entrenamientos y vigilancia de condiciones vitales, musculares y óseas. Además de las prescripciones de actividad física durante el viaje espacial y sin pasar por alto la relevancia en cuidados al regreso a la tierra con planes de fisioterapia y rehabilitación. Este será una de las primeras actividades en que la Enfermería espacial incursionará

III. Trajes espaciales.

Los trajes espaciales son el medio de cuidado central del cual la enfermería espacial debe valerse con prioridad, pues confieren al sujeto en el espacio protección relacionada con las múltiples necesidades desde protección del entorno radioactivo, cuidados de conservación térmica en el espacio y capacidades físicas de movimiento añadidas, hasta proveer al astronauta de hidrantes y contar con prendas especiales para la absorción de las excretas. Es entonces imprescindible para la enfermería moderna comprender la trascendencia de la necesidad de vestido y vislumbrar los horizontes de cuidado en futuros viajes interplanetarios.

IV. Termorregulación en el espacio exterior.

La enfermería siempre ha contemplado el cuidado térmico del sujeto, pero en este campo es vital que los profesionales de cuidados direccionen su interés en la termodinámica física y los sistemas mecánicos de difusión y propagación del calor, así como hacer una revisión de los elementos Químico-físicos y su interacción con el cuerpo humano, a fin de vislumbrar una nueva generación de producciones científicas enfocadas en la relación de termodinámica, entropía calórica y cuidados al organismo desde la Enfermería. Cabe concluir que las agencias espaciales internacionales han destinado cierta inversión en el mejoramiento de tecnología relacionada con el control térmico vital dentro de las naves y cabinas espaciales, pero poco se ha explorado en los cuidados y contramedidas medicas a cuadros clínicos que estén relacionados con la modificación de esta constante vital.

V. Evitar riesgos y cuidado del entorno espacial.

Florence Nightingale fue la primera en contemplar la relevancia de los cuidados a través de la estadística, la concepción matemática y la implicación del entorno en el cuidado del sujeto. Pero quizá nunca considero que estos mismos principios son aplicables a los cuidados en el entorno espacial de microgravedad, la concepción estadística de la evidencia que sustenta los cuidados extra orbitales y la compatibilidad de la física o las matemáticas con la atención clínica y de cuidados. Además, esta necesidad incluye el elemento más relevante en el hostil entorno espacial, la necesidad de evitar riesgos, esto coloca a las otras necesidades en dirección a los cuidados y el entorno, logrando reconceptualizar la enfermería desde el entorno Terrestre hacia el espacio.

VI. Comunicación interestelar.

La investigación científica implementada al campo de la comunicación se puede subdividir a su vez en tres aspectos esenciales; las dinámicas sociales y lingüísticas internas de las estaciones espaciales, las variaciones idiomáticas derivadas de las diferentes culturas en convivencia en todas las misiones espaciales y futuros viajes interplanetarios, y la intención de establecer comunicación y contacto con una probable especie fuera de la Tierra. Las primeras dos requieren un nivel de comprensión antropológica, ética y lingüística por parte de los cuidadores relacionados, además de resaltar el requerimiento estándar para los futuros enfermeros espaciales de conocer un variado sistema de lenguajes con el fin de establecer lazos de cuidado particulares. La tercera tiene una función prospectiva pero no menos importante que deberá ser considerada en un futuro no muy distante y que probablemente sea entre la humanidad misma, pero en diferente planeta o estancia espacial, y por tanto concerniente a la Enfermería.

VII. Cosmovisión y experiencia espacial.

Los valores esenciales derivados de la NASA y las diferentes agencias espaciales internacionales proyectados en los sujetos colaboradores de las misiones espaciales y los astronautas son una construcción eficaz para asegurar el éxito de las misiones, esto coloca al cuidador relacionado con el tema espacial en la necesidad de identificar, incorporar, introyectar y comprender la fenomenología de valores y creencias de las instancias espaciales, los sujetos y los propios. Este es el crucial punto para aplicar un cuidado de calidad y éxito en la misión, además es muy relevante comprender la cosmovisión histórica de los pueblos, ser conscientes de la transformación ética y aventurarse a la prospectiva espacial en el siglo XXI.

VIII. Recreación y estancia espacial.

Un elemento importante al ojo clínico del profesional de los cuidados es la necesidad de recreación durante la estancia espacial, conlleva una revisión multidisciplinar pues requiere la aplicación de campos clínicos como psicología o psiquiatría, ya que las psicopatologías más comunes por las que se prescriben ciertos tratamientos de contramedida y cuidados van desde ansiedad, depresión y neurosis, hasta profundos sentimientos de soledad y hostilidad. Los profesionales de enfermería deberán involucrarse en esta necesidad conociendo el tratamiento actual, tiempos de recreación, actividades realizadas en las cabinas de la estación espacial internacional y aplicándolas de manera práctica y personalizada a cada uno de los astronautas y viajeros espaciales, en espacial en los largos viajes interplanetarios que se esperan en el siglo XXI. Además de ser una de las necesidades de las que se tiene mayor conocimiento público derivado de la exposición a los medios difusivos en la Tierra.

Se puede concluir en este mismo sentido, pero referente a la vertiente conclusiva que habla sobre la trascendencia de aplicación teórica del constructo argumentativo del trabajo que se encuentra en un punto dialéctico de consideración y exposición a las diversas revisiones científicas de los campos a fines a la medicina espacial, para en una segunda fase lograr concretar el acercamiento aplicado en materia de enfermería espacial, esta transición que pretende modernizar los paradigmas de implicación y aplicación de la enfermería clásica será dinamizada a medida que más profesionales clínicos incursionen y se interesen en el marco general de este constructo teórico sobre cuidados en el espacio.

La trascendencia final de este trabajo recae en el abordaje metodológico y viabilidad de implementación, aunque existen retos en materia de enfermería espacial por su estatus de tema emergente, la sólida argumentación de las ciencias afines de las que se vale abre la posibilidad de originar una enfermería centrada en el entorno y el humano, pero en condiciones espaciales, es decir, la Enfermería Espacial.

Probablemente una de las conclusiones más categóricas del trabajo sea indicar la viabilidad y pertinencia de la correlación teórica entre enfermería, astronomía y física. Pues incluso en el título se conjuntan conceptos paradigmáticos como lo es "Enfermería" y "Espacio". Entendiendo la enfermería como la ciencia encargada de estudiar y brindar cuidados a la salud de los individuos, en este caso los astronautas. De la misma forma podemos comprender el concepto espacial como un fenómeno físico descrito en mayor profundidad por la teoría de la relatividad general, este fenómeno es parte complementaria del tiempo y las fuerzas gravitacionales que afectan toda la materia, incluyendo a la estructura orgánica de estudio de la enfermería, el ser humano.

Es entonces trabajo conclusivos en el argumento que conjugan los modelos de atención de enfermería en torno a los mecanismos fisiológicos de gravedad adaptativa o microgravedad, sensibles a ser analizados desde el modelo de la atención de Callista Roy, el modelo de necesidades humanas básicas de Virginia Henderson, pero sobre todo la teoría del entorno de Florence Nightingale, aunque en sentido modificado para las condiciones del entorno espacial, permitiendo así el nacimiento teórico de los cuidados espaciales.

Durante el análisis de las investigaciones espaciales internacionales sobre desarrollos tecnológicos, biomédicos, informáticos pude contrastarlo con el curso histórico y así lograr vislumbrar el acelerado desarrollo tecnológico, proyectado en un proceso científico de crecimiento exponencial, pues todas las ciencias enlazadas a las ciencias informáticas y tecnológicas como es el caso de enfermería y medicina se ven arrastradas a este ritmo de crecimiento. A su vez los viajes interplanetarios y el camino del hombre a través del cosmos ponen a todas las ciencias bajo un reto aún mayor.

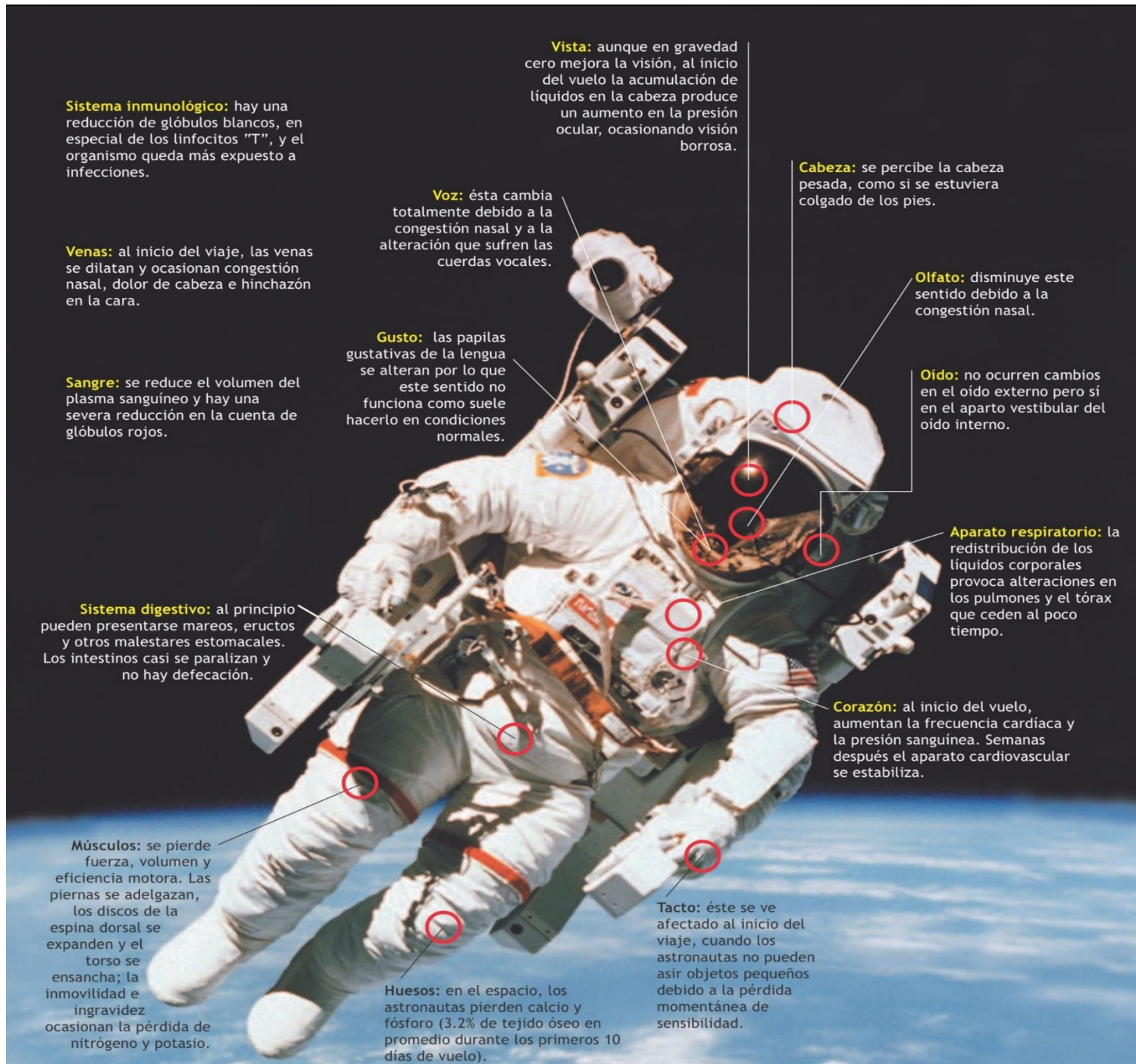
Esto señala cierta prospectiva para las ciencias y la raza humana aunado a un periodo de transición teórico de los paradigmas convencionales que conforman la enfermería, poniendo los límites de existencia y acción de una ciencia en márgenes más reducidos, ejemplo de esto es la medicina del futuro, y que según ellos mismos postulan estará encargada de la prevención y cuidados. Otro ejemplo es el nombre que se le ha dado a las contramedidas espaciales para reducir las afecciones orgánicas de los astronautas "Cuidados médicos espaciales".

Está por demás señalar la pertinencia de actuación y producción en estos campos de investigación desde una ciencia realmente encargada de estudiar los cuidados, como lo es enfermería. Afrontar los cambios internos subsecuentes que se ocasionan en cualquier revolución teórica y adaptarse a los cambios de paradigma general e internacional. Además de abrir la puerta al futuro de las próximas generaciones, inspirando las actuar, investigar, pero sobre todo soñar.

Anexos



Anexo 1. Charla con el Dr. Ramiro Iglesias leal (de blanco) durante el congreso de "Medicina Espacial"



Sistema inmunológico: hay una reducción de glóbulos blancos, en especial de los linfocitos "T", y el organismo queda más expuesto a infecciones.

Venas: al inicio del viaje, las venas se dilatan y ocasionan congestión nasal, dolor de cabeza e hinchazón en la cara.

Sangre: se reduce el volumen del plasma sanguíneo y hay una severa reducción en la cuenta de glóbulos rojos.

Sistema digestivo: al principio pueden presentarse mareos, eructos y otros malestares estomacales. Los intestinos casi se paralizan y no hay defecación.

Músculos: se pierde fuerza, volumen y eficiencia motora. Las piernas se adelgazan, los discos de la espina dorsal se expanden y el torso se ensancha; la inmovilidad e ingravidez ocasionan la pérdida de nitrógeno y potasio.

Voz: ésta cambia totalmente debido a la congestión nasal y a la alteración que sufren las cuerdas vocales.

Gusto: las papilas gustativas de la lengua se alteran por lo que este sentido no funciona como suele hacerlo en condiciones normales.

Huesos: en el espacio, los astronautas pierden calcio y fósforo (3.2% de tejido óseo en promedio durante los primeros 10 días de vuelo).

Vista: aunque en gravedad cero mejora la visión, al inicio del vuelo la acumulación de líquidos en la cabeza produce un aumento en la presión ocular, ocasionando visión borrosa.

Cabeza: se percibe la cabeza pesada, como si se estuviera colgado de los pies.

Olfato: disminuye este sentido debido a la congestión nasal.

Oído: no ocurren cambios en el oído externo pero sí en el aparato vestibular del oído interno.

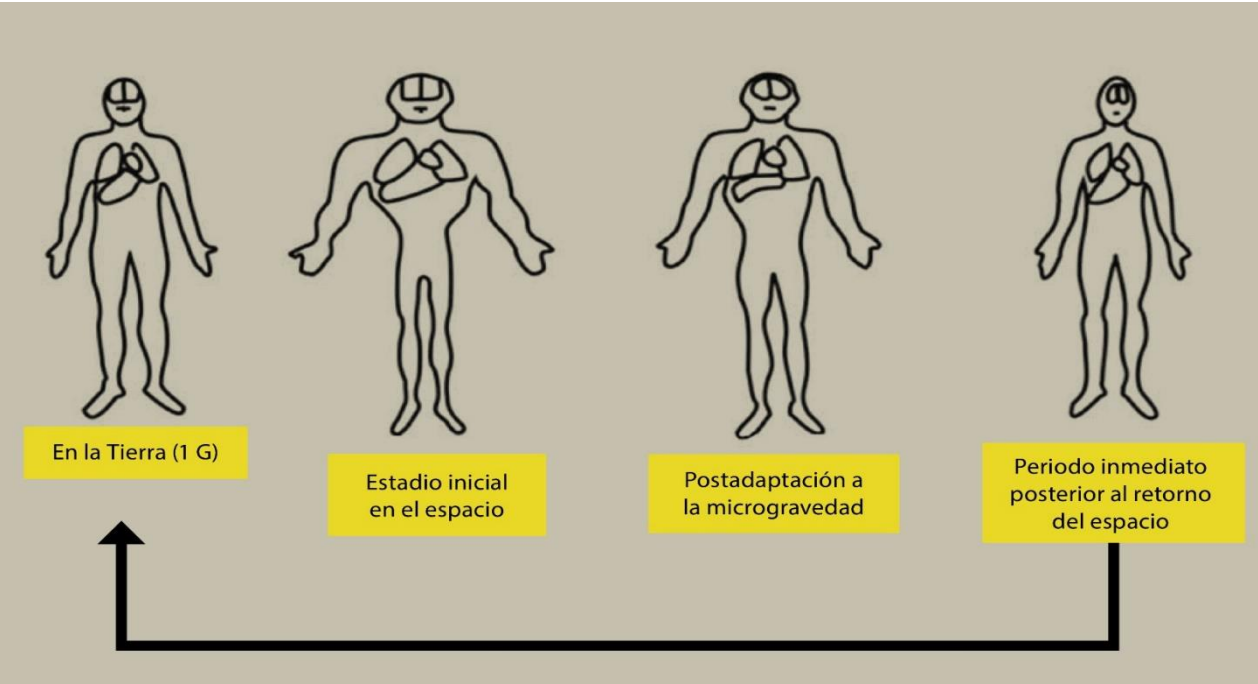
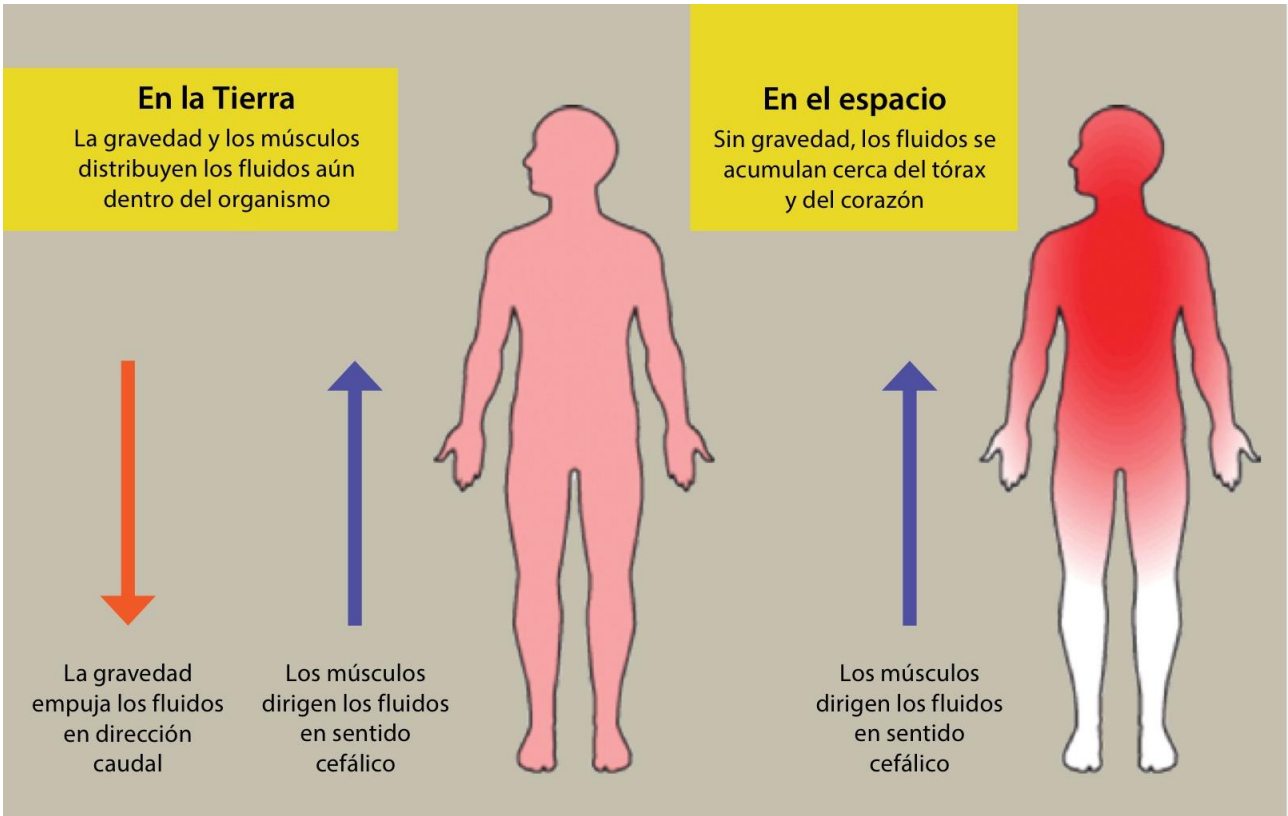
Aparato respiratorio: la redistribución de los líquidos corporales provoca alteraciones en los pulmones y el tórax que ceden al poco tiempo.

Corazón: al inicio del vuelo, aumentan la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea. Semanas después el aparato cardiovascular se estabiliza.

Tacto: éste se ve afectado al inicio del viaje, cuando los astronautas no pueden asir objetos pequeños debido a la pérdida momentánea de sensibilidad.

Anexo 2. Afecciones orgánicas en astronautas expuestos al entorno espacial.

Anexo 3. Diagrama del modelo anatómico humano con redistribución de líquidos en sentido cefálico durante microgravedad



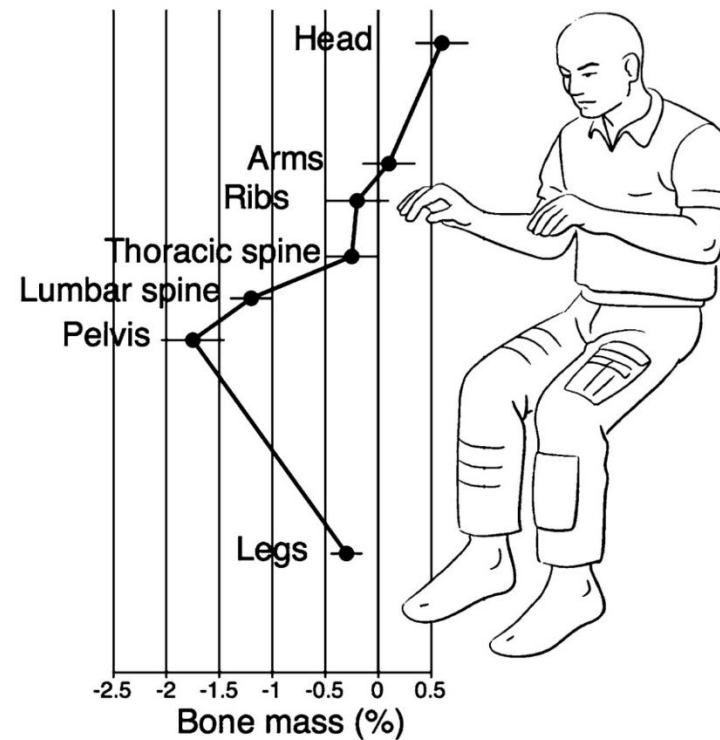
Anexo 3. Diagrama del modelo anatómico humano con redistribución orgánica adaptativa en sentido cefálico durante los diferentes estadios gravitatorios

Anexo 4. Astronautas de la NASA con estancia de 300 días en la Estación Espacial Internacional y acentuado edema facial denominado “Cara de Luna Llena”



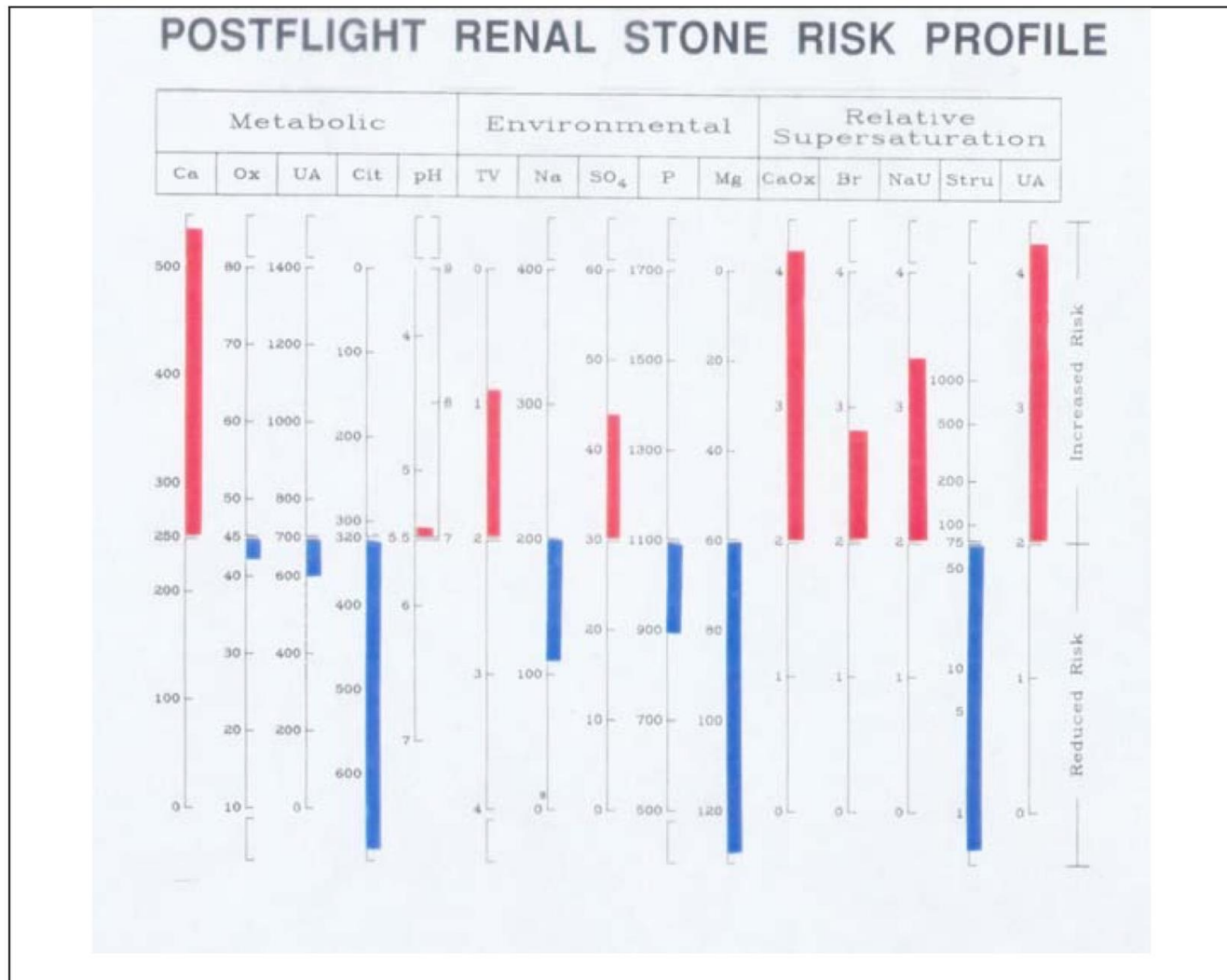
Anexo 5. Astronautas gemelos sujetos a experimentación inmunológica en la EEI de la NASA, Scott Kelly y Mark Kelly.

Anexo 6. Cambios en masa ósea en cosmonautas durante misiones de larga duración a bordo de MIR



Anexo 7. Astronauta Scott Carpenter durante el examen psicológico de resistencia al estrés previo a su misión a bordo de la capsula Mercury

Risk of Renal Stone Formation



Anexo 8. Representación de riesgo sobre litiasis renal postvuelo. Barras azules representan disminución y rojas incremento.



Anexo 9. Astronautas tomando muestra sanguínea para estudios hematológicos a bordo de la Estación Espacial Internacional.

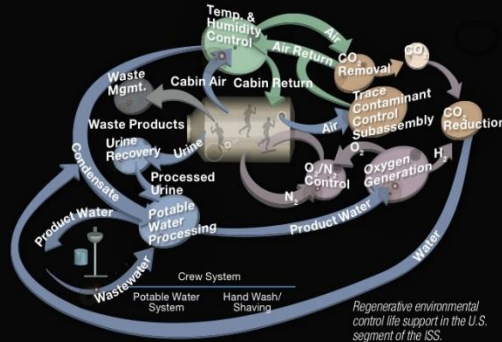
Anexo 10. Escudo oficial de la “Sociedad de enfermería espacial” fundado por Martha Rogers, añadido a los programas espaciales de la NASA.



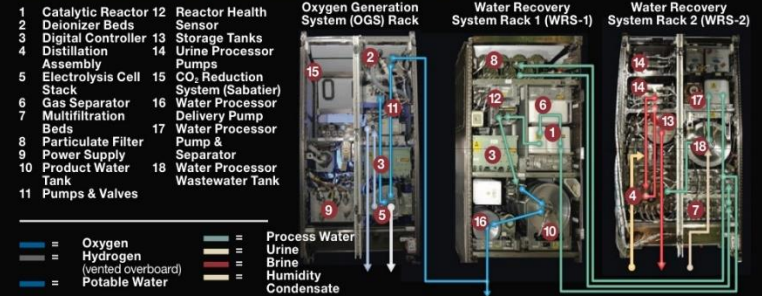
Environmental Control and Life Support System (ECLSS)

Earth's natural life support system provides the air we breathe, the water we drink, and other conditions that support life. For people to live in space, however, these functions must be performed by artificial means. The ECLSS includes compact and powerful systems that provide the crew with a comfortable environment in which to live and work.

The on-orbit ECLSS is supplemented by an assortment of resupply vehicles provided by the international partnership and U.S. Commercial Resupply System (CRS) vehicles. Water can be resupplied via Iodine Compatible Water Containers (ICWCs) on SpaceX's Dragon, Orbital's Cygnus, or JAXA's H-II Transfer Vehicle (HTV). High pressure oxygen and nitrogen can be resupplied by these same vehicles via the Nitrogen/Oxygen Recharge System (NORS). The Russian Progress also delivers water and atmospheric gas.



U.S. Regenerative Environmental Control and Life Support System (ECLSS)



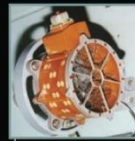
Elektron produces oxygen from water through electrolysis; vents hydrogen out of the station.



Russian EDVs used to store and transport water.



Vozdukh absorbs carbon dioxide from crew.



Airflow ventilation fan.



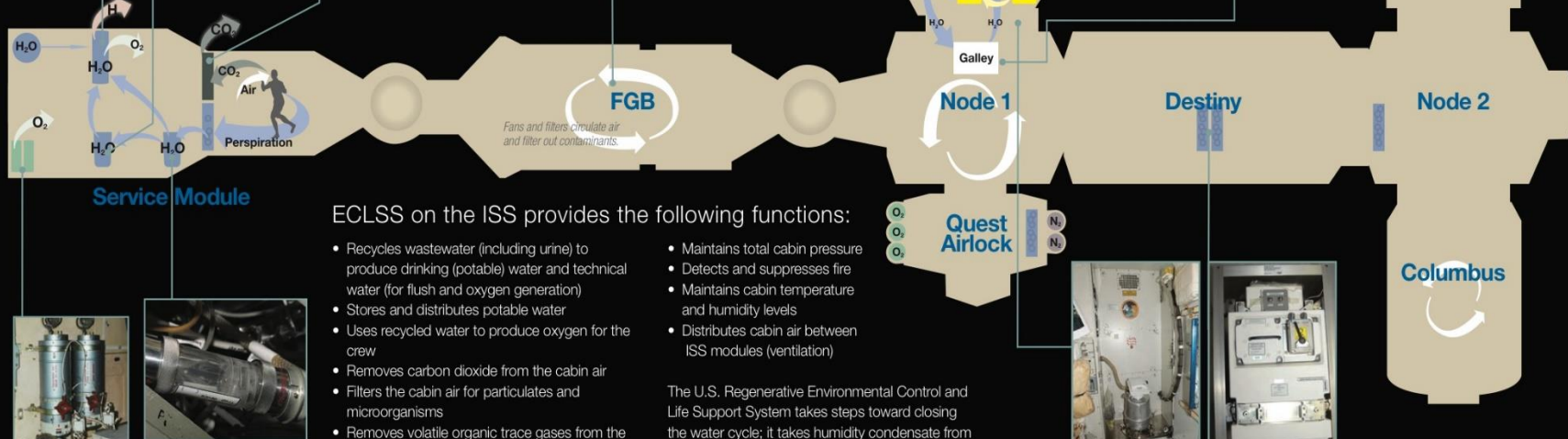
Lithium Hydroxide (LiOH) cartridge used for eliminating CO₂ from air, backup system.



Carbon Dioxide Removal Assembly (CDRA) adsorbs carbon dioxide from crew.



Astronauts share a meal at a galley.



ECLSS on the ISS provides the following functions:

- Recycles wastewater (including urine) to produce drinking (potable) water and technical water (for flush and oxygen generation)
- Stores and distributes potable water
- Uses recycled water to produce oxygen for the crew
- Removes carbon dioxide from the cabin air
- Filters the cabin air for particulates and microorganisms
- Removes volatile organic trace gases from the cabin air
- Monitors and controls cabin air partial pressures of nitrogen, oxygen, carbon dioxide, methane, hydrogen, and water vapor
- Maintains total cabin pressure
- Detects and suppresses fire
- Maintains cabin temperature and humidity levels
- Distributes cabin air between ISS modules (ventilation)

The U.S. Regenerative Environmental Control and Life Support System takes steps toward closing the water cycle; it takes humidity condensate from the cabin air and urine from the crew and converts these into drinking water, oxygen for breathing, and hydrogen which combines with CO₂ scrubbed from the cabin air to make more water.



Solid Fuel Oxygen Generator (SFOG), burns candles to produce oxygen as a backup system.



The Russian Condensate Water Processor is known as the SRV-K, equivalent to the US WPA, processes the condensate that is reclaimed by the SKV.

Acronyms

- WPA Water Processor Assembly
- UPA Urine Processor Assembly
- OGA Oxygen Generation Assembly



Waste Hygiene Compartment (WHC) collects urine and waste for processing.



Common Cabin Air Assembly (CCAA) condenses water vapor from air.

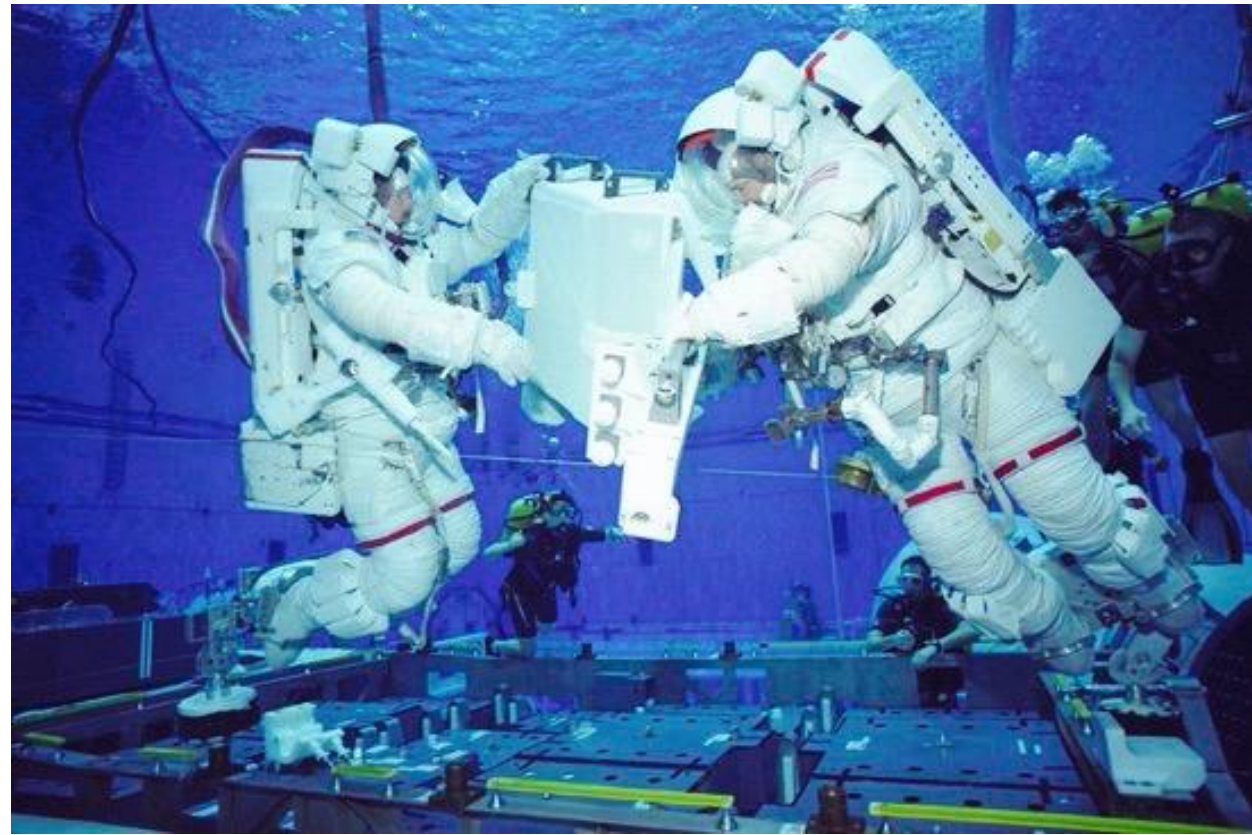


Anexo 12. Astronauta sometido a procesos de monitorización hemodinámica y ventilatoria en la EEI de la NASA.

Anexo 13. Escudo oficial del programa de “Condicionamiento, fuerza y rehabilitación en astronautas” de la NASA.



Anexo 14. Astronautas en la Tierra durante entrenamiento de inmersión simulando actividad extravehicular en órbita



Anexo 15. Escudo oficial de la banda sinfín colocada en la Estación Espacial en órbita.



Anexo 16. Astronauta Sunnita Williams realizando ejercicio como contramedida a la sarcopenia y osteopenia en la EEI.



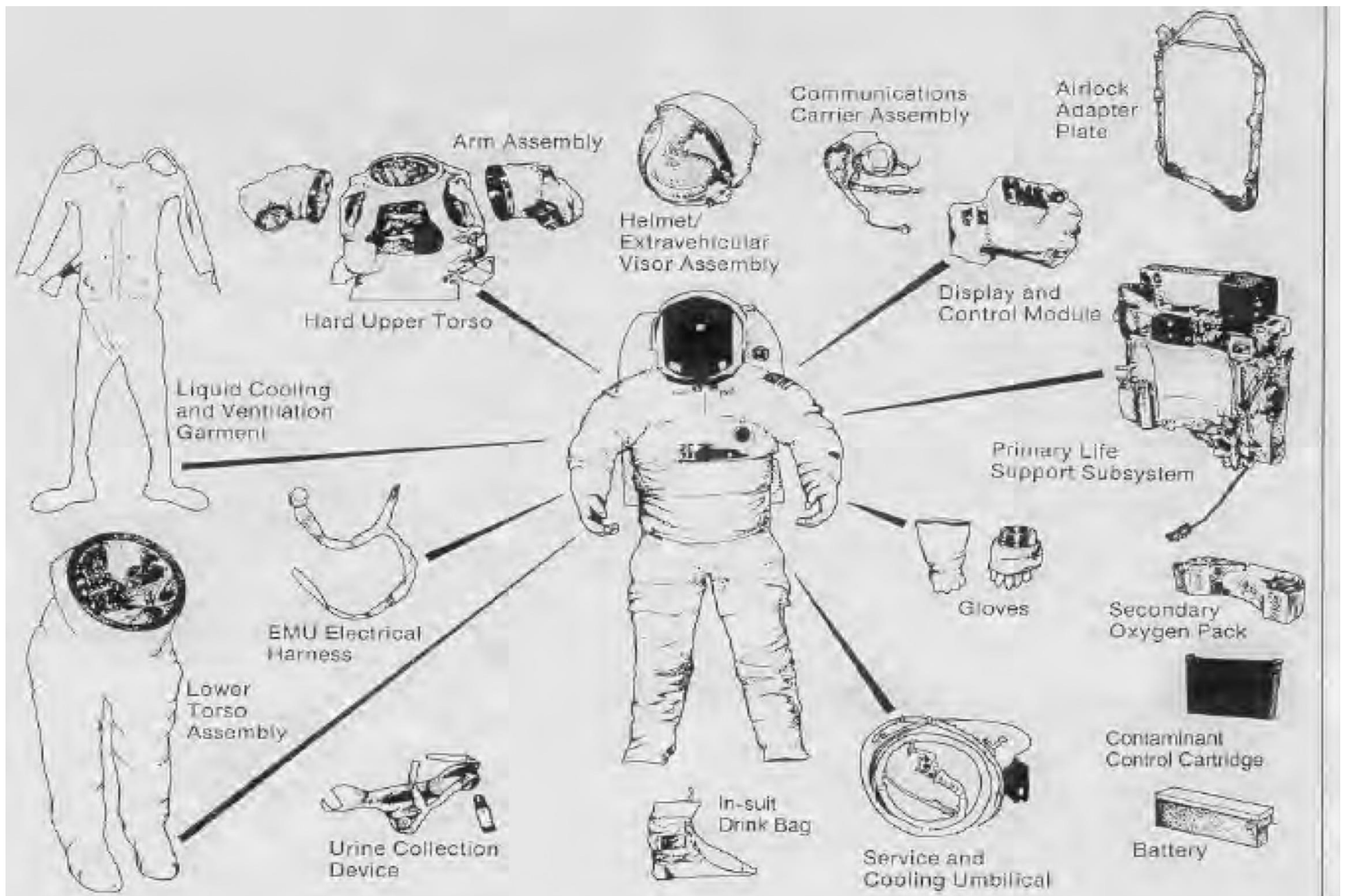
Anexo 17. Astronauta Scott Kelly siendo revisado por el equipo médico en su regreso a la Tierra con dificultad para la bipedestación



Anexo 18. Trajes de actividad intravehicular, NASA



Anexo 19. Unidad Móvil Espacial o traje de actividad extravehicular de la NASA durante caminata espacial.

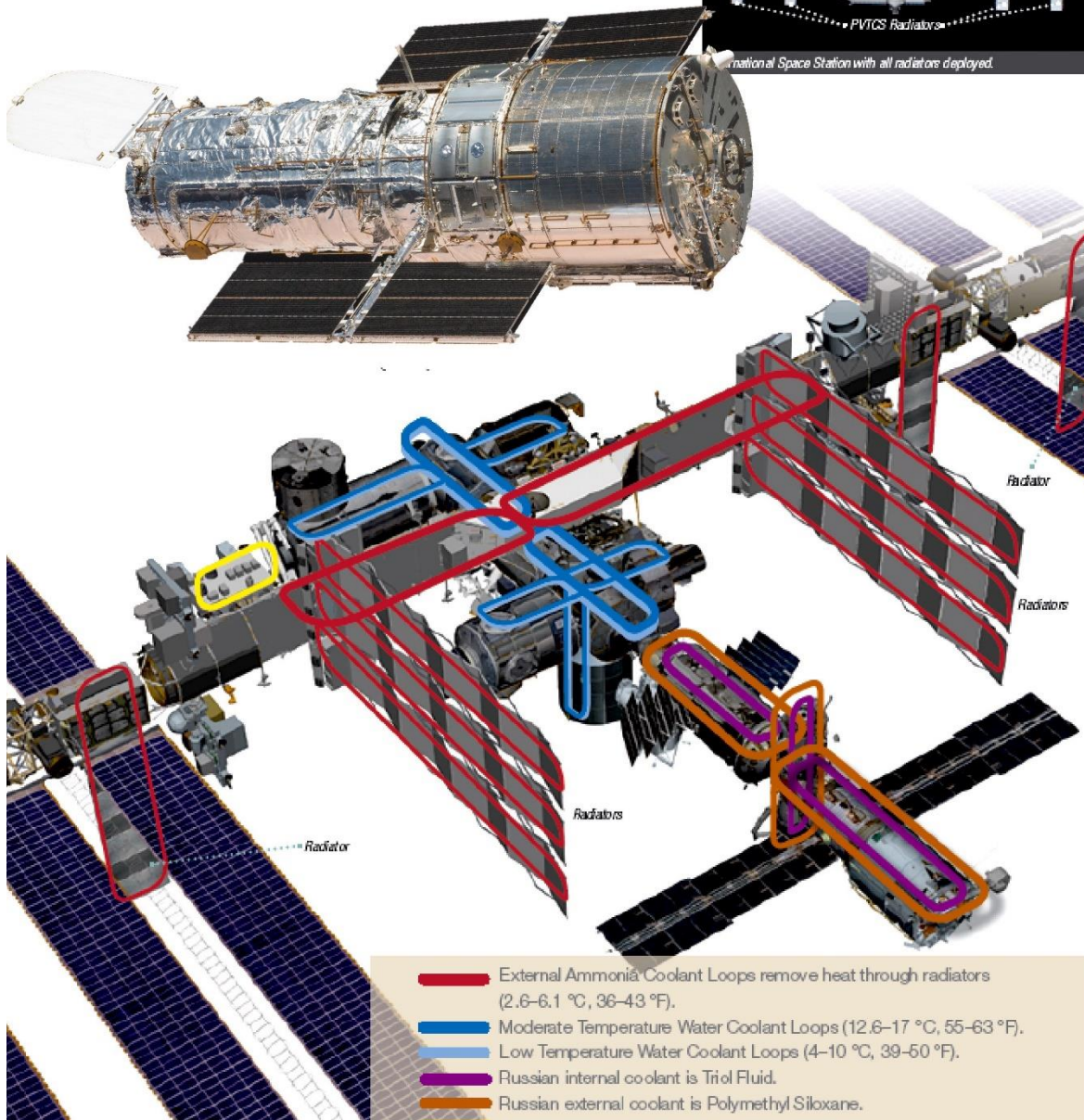
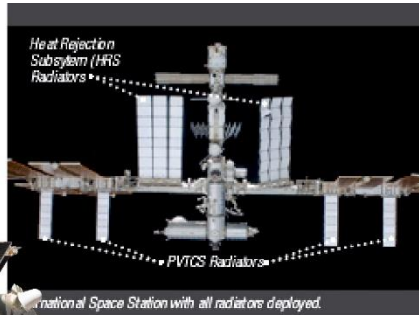


Anexo 20. Componentes por separado del traje de actividad extravehicular manufacturado para la NASA por ILC Dover.



Anexo 21. Huella sobre la superficie lunar de la bota del astronauta Neil Armstrong, icono del avance científico y espacial.

Thermal Control System (TCS)



Anexo 22. Sistema de control térmico integrado en distintos paneles de la Estación Espacial Internacional EEI.

Crew Health Care System (CHeCS)

The Crew Health Care System (CHeCS) is a suite of hardware on the ISS that provides the medical and environmental monitoring capabilities necessary to ensure the health and safety of crewmembers during long-duration missions. CHeCS is divided into four subsystems:

Countermeasures System (CMS)—The CMS provides the equipment and protocols for the performance of daily exercise to mitigate the deconditioning effects of living in a microgravity environment. The CMS hardware provides aerobic conditioning, interval and resistive training, and also works to preserve aerobic and anaerobic capacity, and muscular strength and endurance.

Environmental Health System (EHS)—The EHS monitors the atmosphere for gaseous contaminants (i.e., from nonmetallic materials off-gassing, combustion products, and propellants), and microbial contamination levels from crewmembers and station activities. The EHS also monitors water quality and acoustics.

Health Maintenance System (HMS)—The HMS provides in-flight life support and resuscitation, medical care to respond to crew illness and injury, preventative health care, and crew health monitoring capabilities.

The Radiation System—The Radiation System characterizes the complex, multi-component radiation environment to which the crew is exposed, and records the crewmembers' cumulative exposures. The ionizing radiation environment encountered by ISS consists of a mixture of primary and secondary radiation types:

- Primary radiation varies as a function of ISS altitude and consists mostly of trapped protons, electrons, galactic cosmic radiation and solar flux.
- Secondary radiation products are produced by collisions of primary radiation with the ISS and its hardware inside, as well as inside the crewmembers' bodies.



Russian cosmonaut Iena Serova RS 41FE with Microbial Air Sampler (MAS) for the Microbial Sampling Investigation.



Russian cosmonaut Roman Romanenko and NASA astronaut Michael Barratt perform a detailed checkout and inspection of the HMS CMRS (Health Maintenance System/Crew Medical Restraint System) in the U.S. Lab. The boardlike CMRS allows strapping down a patient on the board with a harness for medical attention by the CMO who is also provided with restraints around the device.



Automated External Defibrillator (AED)



Russian cosmonaut Oleg Kotov exercises on the BP-2 (Begurshaya Dvorzhika which is a Russian term for a treadmill).



ESA astronaut Frank De Winne taking water samples.



NASA astronaut Reid Wiseman exercises on the Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill (COLBERT).



JAXA astronaut Koichi Wakata exercises on the ARED.



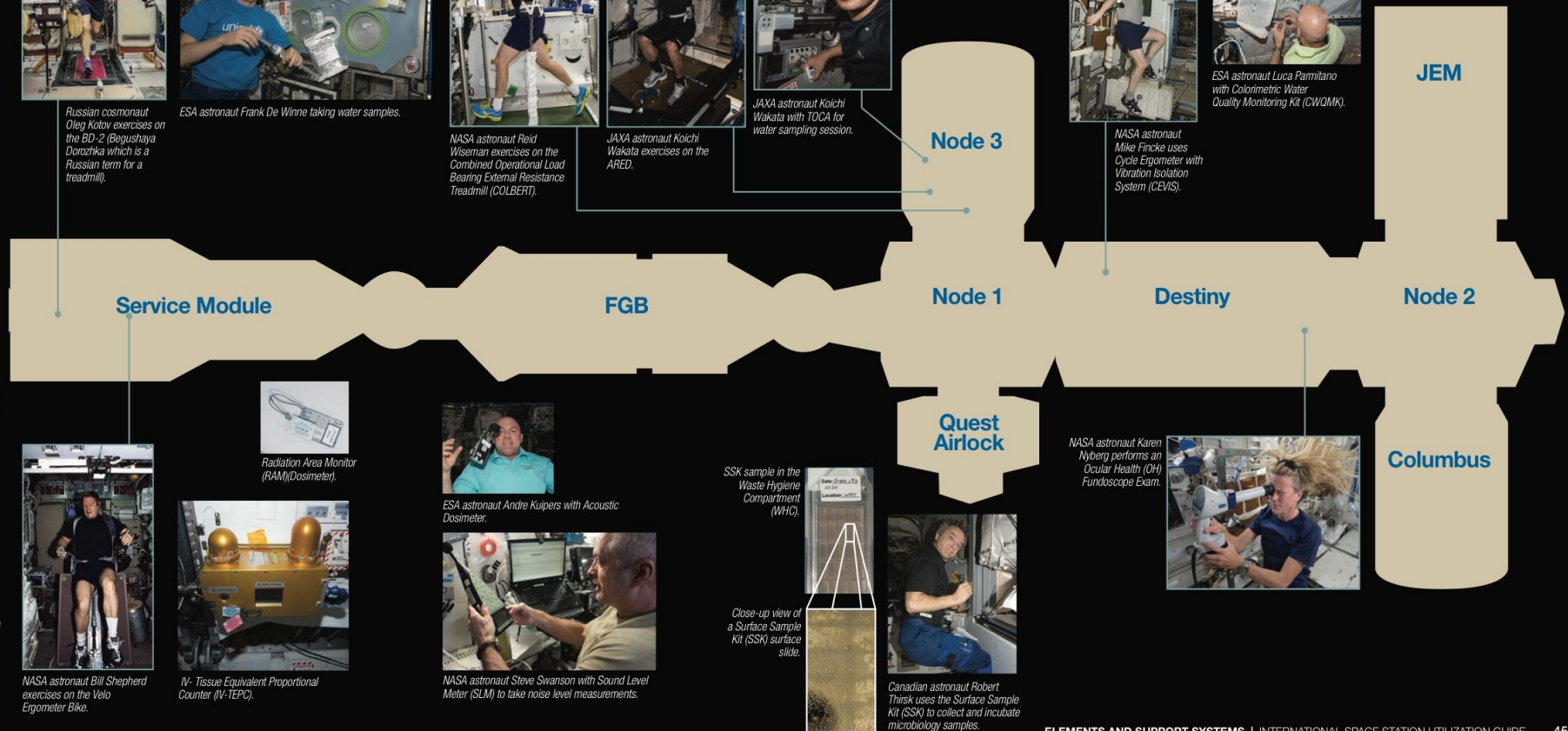
JAXA astronaut Koichi Wakata with TOCA for water sampling session.



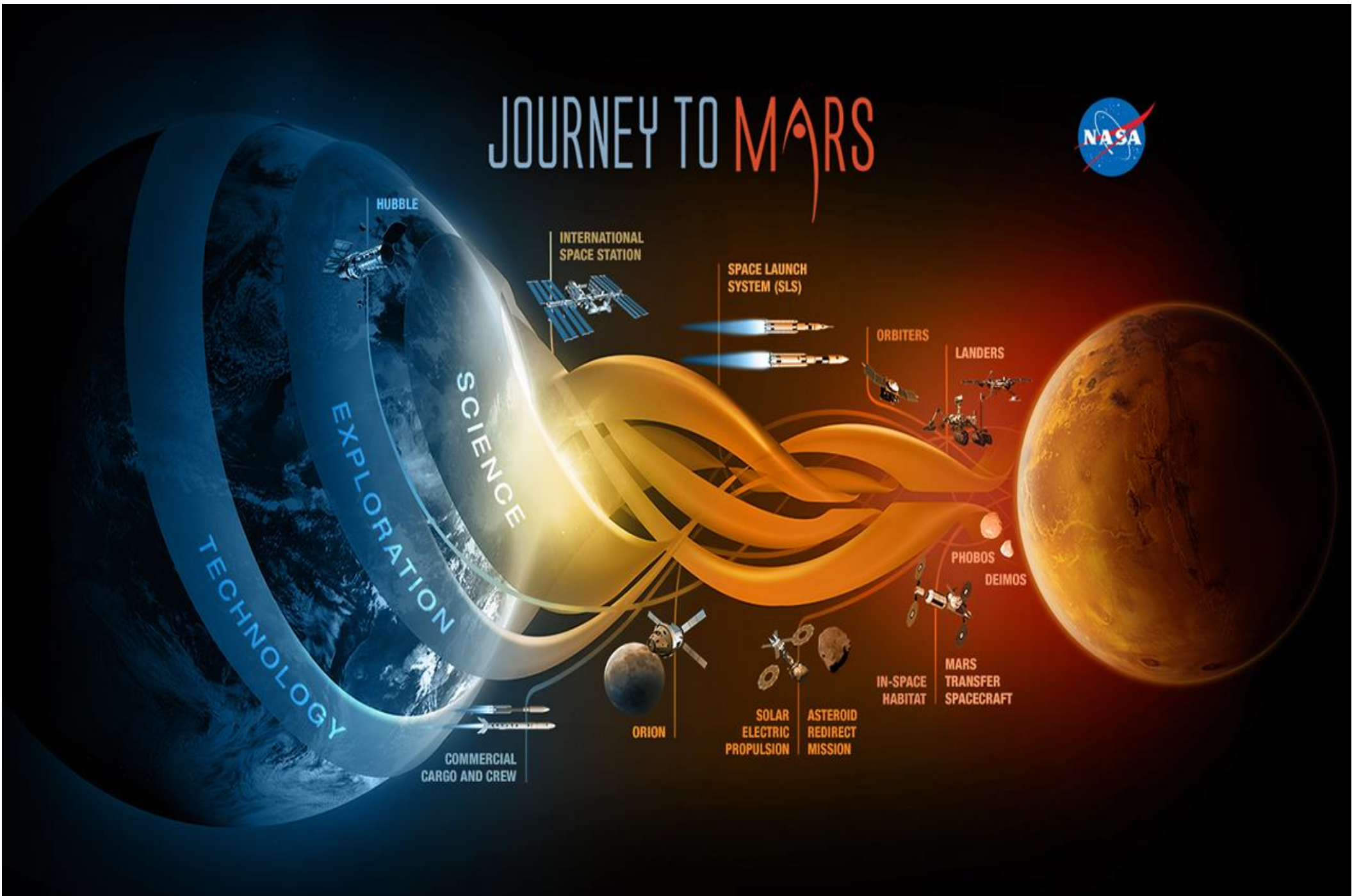
NASA astronaut Mike Fincke uses the Vibration Isolation System (CEVIS).



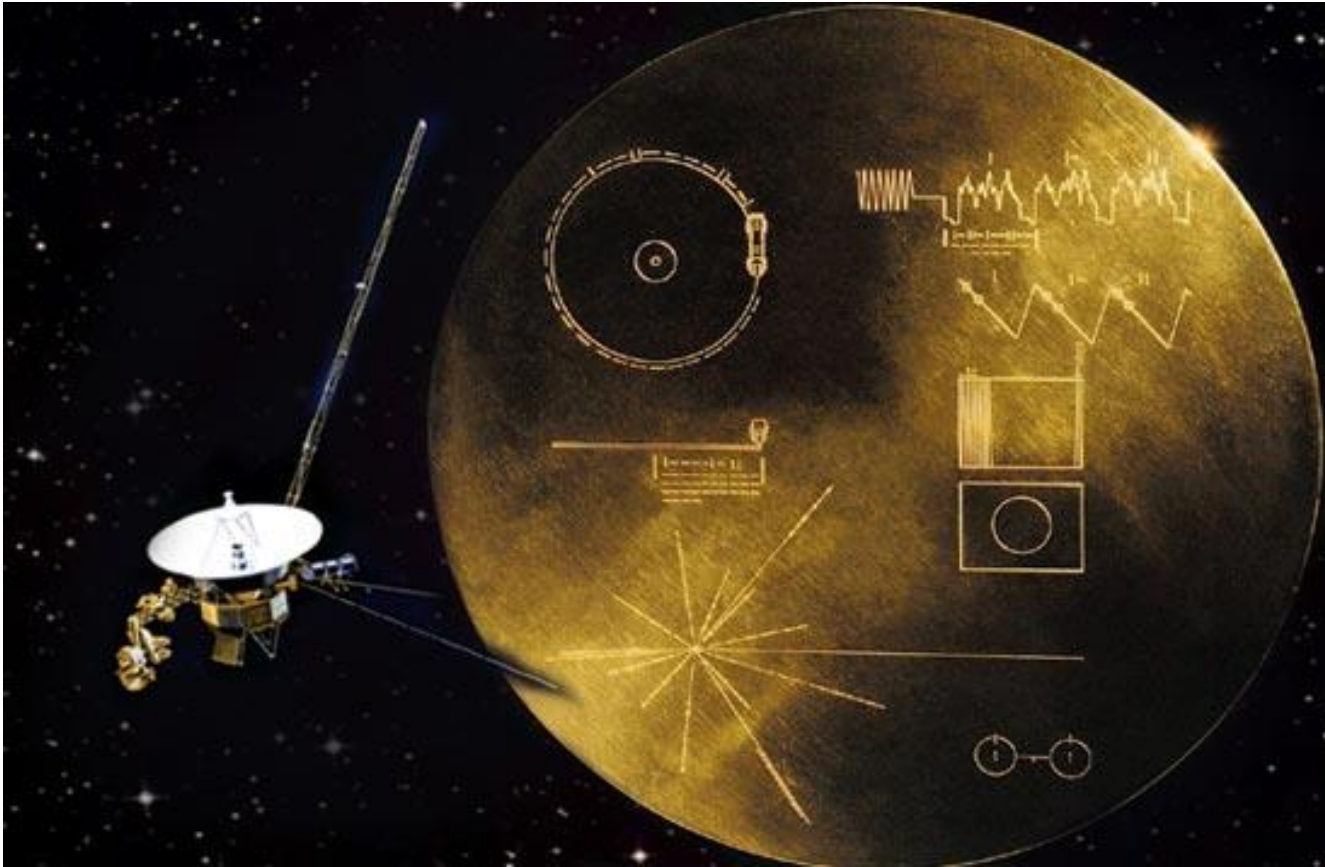
ESA astronaut Luca Parmitano with Colorimetric Water Quality Monitoring Kit (CWQMK).



JOURNEY TO MARS

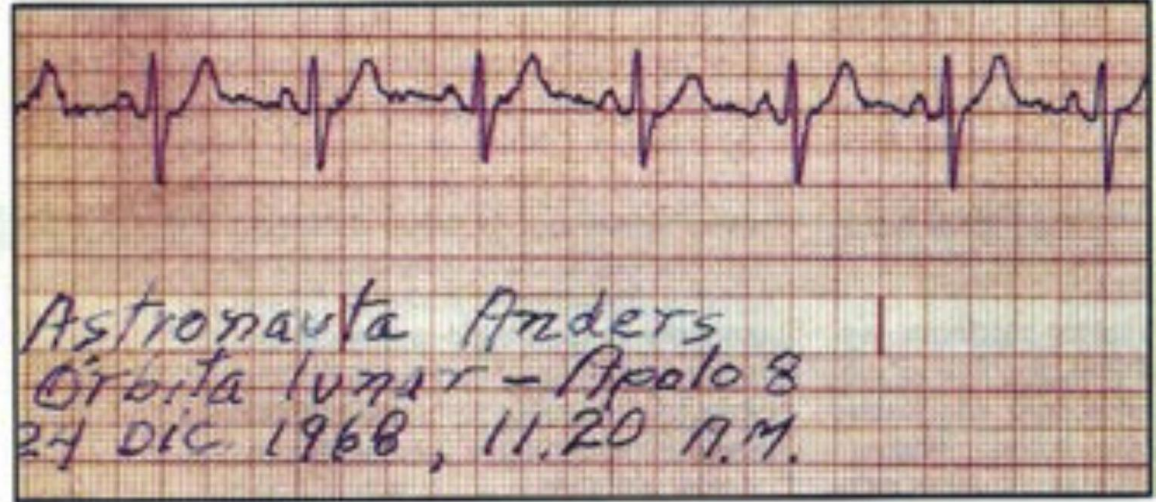


Anexo 24. Gráfico de la NASA sobre los sistemas de transporte relacionados al proyecto "Viaje a Marte"



Anexo 25. Disco de cobre bañado en oro "Golden record" viajando en la sonda espacial New Horizons.

Anexo 26. Teleelectrocardiograma realizado al astronauta Anders en 1968 por el Dr. Ramiro Iglesias Leal.





PROXIMA Mission

Seven French prototypes on board the ISS!

In November 2016 the French ESA astronaut, Thomas Pesquet, will launch to the International Space Station (ISS), on a mission of approximately six months, during which he will carry out one hundred scientific experiments.

Cadmos, a facility under CNES, is directly in charge of seven of these experiments; additional support is provided by MEDES for a number of them.

Focus on...

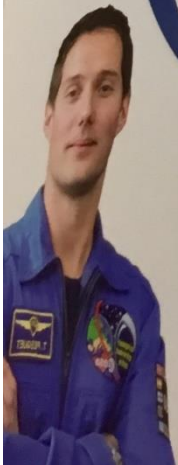
The **Everywear** software monitors physiological, medical, and nutritional parameters of the astronauts on board the ISS. Coupled to an array of biomedical sensors, the application will act somehow as a medical assistant to the astronaut.



The **Aquapad** device aims to analyze water on the ISS in a new way. Utilizing a groundbreaking technology, the analysis will be provided in a significantly faster and simpler manner without loss of performance.



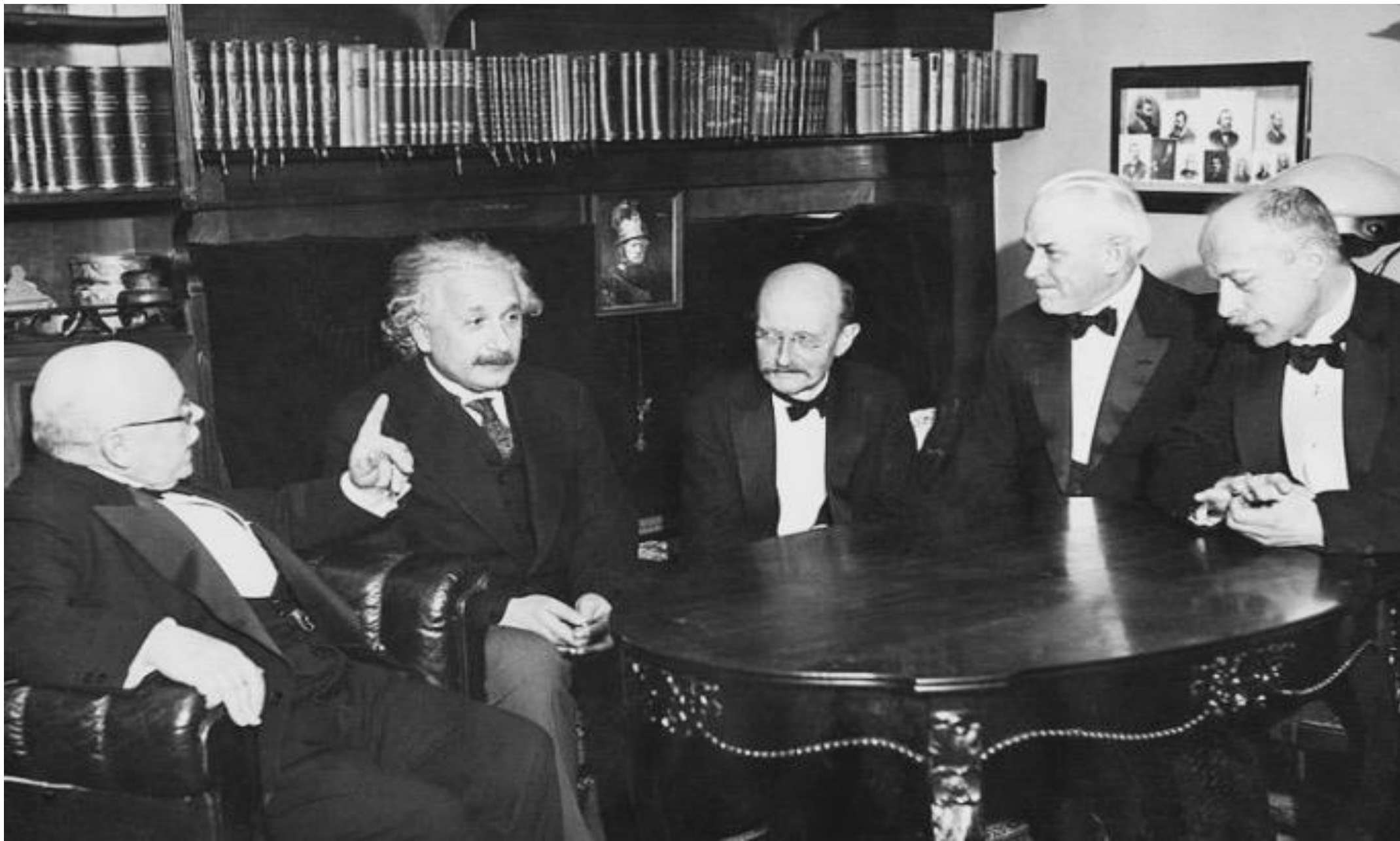
In an environment with no space-time reference frame, the virtual reality presented by **Perspectives** offers a unique opportunity to analyze, into detail, which changes in cognitive function are experienced by astronauts, when they are engaged in a chosen immersive environment.



Anexo 27. Proyecto francés de prototipos “wreables” de monitorización clínica a bordo de la EEI



Anexo 28. Imagen de la Vía láctea y su dimensión espacial entre miles de millones de estrellas.



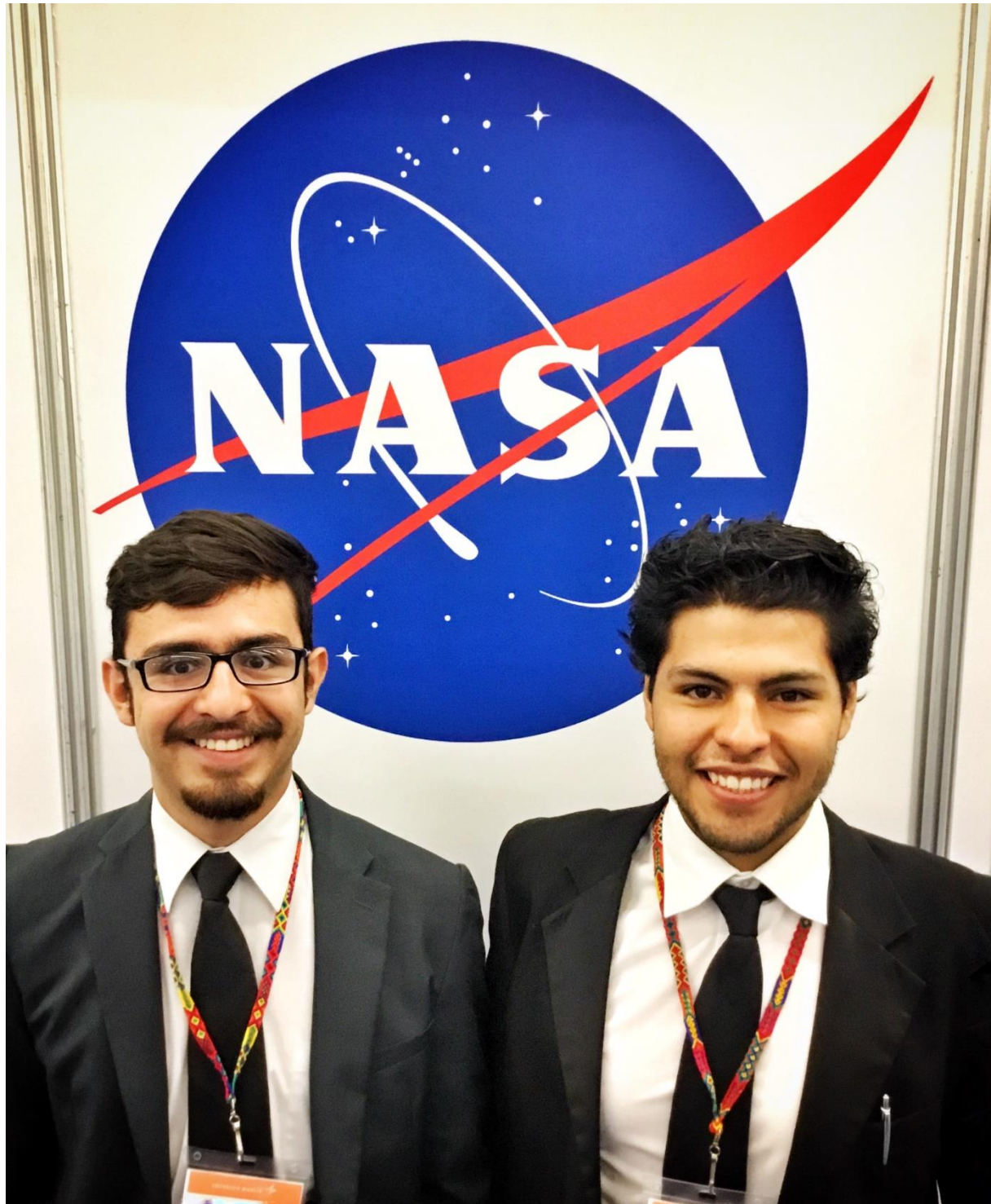
Anexo 29. Albert Einstein (de corbata) y Max Planck (a la izquierda de Einstein), como postuladores de las dos teorías físicas que sirven de referencia para entender todo el campo espacial.



Anexo 30. Imagen de astronautas durante misión en actividad extravehicular clasificada en alto riesgo, EEI.



Anexo 31.
Astronautas
realizando diversas
actividades
recreativas a bordo de
la Estación Espacial
Internacional.



Anexo 32. Fotografía de Rodrigo Gómez (derecha) y Miguel Puentes (izquierda) durante el ciclo de conferencias de la NASA.



Anexo 33. Físico Stephen Hawking durante un vuelo turístico parabólico de la compañía “Zero G”