



Universidad
del Cauca®



¿Sabías que?

Acerca de la vida espacial de un astronauta.

Reporte informativo.

PENSAMIENTO MÉDICO

“Aporte estudiantil”

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD

Jhan Sebastián Saavedra-Torres¹

María Virginia Pinzón Fernández²

Luisa Fernanda Zúñiga-Cerón³

Alicia Andrea Ortega Narváez⁴

Jheymmy Lorena Garcés Gómez⁵

Nelson Adolfo López Garzón⁶

Carolina Salguero⁷

Sobre los autores:

1- Médico Interno- Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Medicina Interna, Corporación Del Laboratorio al Campo (DLC), Grupo de Investigación en Salud (GIS) – Popayán - Colombia.

2- Bacterióloga, Esp. Educación, Maestría en Salud Pública, candidata a doctorado en Antropología médica, Profesor titular de la Universidad del Cauca. Grupo de Investigación en Salud (GIS) – Popayán - Colombia.

3- Médica Interna- Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, Corporación Del Laboratorio al Campo (DLC), Grupo de Investigación en Salud (GIS) – Bogotá - Colombia.

4-Médica - Universidad Javeriana, Facultad de Medicina, Grupo de Investigación en Salud (GIS) – Bogotá - Colombia.

5- Médica -Escuela Latinoamérica de Medicina Cuba, Universidad de Ciencias Médicas de las Tunas, La Habana- Cuba, Grupo de Investigación en Salud (GIS)

6-Médico internista - Cardiólogo nuclear y ecocardiología. Máster en Educación, Doctorado en Educación, Profesor Asociado en la Universidad del Cauca. Grupo de Investigación en Salud (GIS) – Popayán - Colombia.

7-PhD. Departamento de Biología Celular y Molecular, Universidad de Harvard, Cambridge, Massachusetts 02138, USA. Grupo de Investigación en Salud (GIS).

Autor Correspondiente: Jhan Sebastian Saavedra Torres. Calle 161N N° 54-18, edificio III, apartamento 404. Teléfono: 57 317-7253134. Bogotá. Colombia. E-mail: Jhansaavedra@unicauca.edu.co.

Directora: María Virginia Pinzón Fernández - mvpinzonf@gmail.com

Créditos y derechos de imagen: NASA- Planeta Tierra - El 'mármol azul'

La cámara científica de la NASA, a bordo del satélite del Observatorio del Clima y el Espacio Profundo (DSCOVR), emitió esta vista del planeta Tierra en la fecha del 6 de julio / 2015, con una distancia aproximada de un millón de millas.



Fisiología humana en el espacio exterior.

La Universidad del Cauca, desea brindar este pequeño escrito a la comunidad en general; con el propósito de que pueda recordar y valorar los desafíos que tiene la humanidad en anhelar y querer lograr buscar colonizar el planeta marte en los próximos años.

Los astronautas son los gladiadores del espacio.

¿Sabías que?
Acerca de la vida espacial de un astronauta.



Foto donde el astronauta resalta que no hay gravedad. Créditos y derechos de imagen: NASA

Créditos otorgados a la búsqueda de referencias y evidencia literaria:

Base de datos de la “Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos” (NASA).

- Consultar reportes, y evidencia de la investigación humana de la NASA “Human Research Roadmap”: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/explore/>
- Lectura recomendada: NASA (Laurie J. Abadie; Charles W. Lloyd; Mark J. Shelhamer; NASA Human Research Program)- ver enlace: <https://www.nasa.gov/hrp/bodyinspace>
- Consultar reportes, y evidencia en: NASA -Dataset Search- Life Sciences Data Archive- <https://lsda.jsc.nasa.gov/Dataset#>
- Lectura recomendada: lista de investigaciones del “Laboratory of Space Medicine and Space Pharmacology”- Publications of Professor Daniela Gabriele Grimm, MD, Gravitational Biology and Translational Regenerative Medicine; University of Magdeburg, Germany: <http://www.grimm-space-research.com/page4/page5/page5.html>



Reporte informativo:

Datos de la Fisiología humana en el espacio exterior.

Conflictos de interés:

Ninguno declarado por los autores:

Financiación:

Ninguno declarado por los autores

La astronauta Cady Coleman de la NASA realiza tareas en el laboratorio de la Estación Espacial Internacional, Investigación Cardiovascular Integrada, un estudio que evalúa la salud cardíaca en el espacio

Créditos y derechos de imagen: NASA



Notificaciones generales a los lectores:

- Este material, es un escrito informativo para la comunidad en general.
- Las investigaciones en el mundo permiten y respaldan que un tripulante espacial viaja al espacio con los mayores avances y contramedidas para la integridad de la salud de los mismos astronautas.
- Los viajes espaciales tienen riesgos y ventajas que permiten a la humanidad avanzar en pro de la conquista de otros avances científicos.
- En este documento se respetan los derechos de autor de los investigadores de la NASA y otras instituciones académicas, con el principio de referenciar sus aportes.
- No se usaron documentos clasificados de la Base de datos de la NASA.
- Invitamos a los interesados a investigar acerca de los avances de la agencia espacial más desarrollada del mundo.
- Créditos otorgados a: Base de datos de la “Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos” (NASA).

Libre Acceso- Portal de la Academia Nacional de Medicina- Colombia

<http://anmdecolombia.net/>

Neil Armstrong (1930-2012)

La frase original en inglés es “That’s one small step for man, one giant leap for mankind”. “Un pequeño paso para el hombre, un gran salto para la humanidad”; se refiere en contexto a la importancia tecnológica, científica, política y económica que un pequeño paso en la Luna significa para la humanidad.



Créditos y derechos de imagen: NASA

“Neil A. Armstrong en sus prácticas de vuelo espacial”, Esta fotografía muestra a Neil junto al avión propulsado por un cohete X-15. **Nota:** El presidente Barack Obama firmó la resolución que cambia el nombre del Centro de Investigación de Vuelo Dryden de la NASA, como Centro de Investigación de Vuelo Neil A. Armstrong.

1. Sabías que Neil A. Armstrong nació el 5 de agosto de 1930 en Wapakoneta, Ohio. Además estudio ingeniería aeronáutica en la Universidad de Purdue; continuó y aprobó una maestría en ingeniería aeroespacial de la Universidad del Sur de California.
2. Sabías que Neil A. Armstrong voló más de 200 tipos diferentes de aviones durante su carrera en la NASA.
3. Sabías que Armstrong es uno de los 12 pilotos en volar el hipersónico X-15, un avión excelente y eficaz para la época.

GENERALIDADES:

4. ¿Sabías que? el módulo lunar del Apolo 11, el cual era el nombre de la primera misión en llegar a la luna, tenía muchos riesgos de muerte la tripulación.
5. ¿Sabías que? el segundo hombre en la luna se llama Buzz Aldrin y luego se unió a Armstrong en la superficie lunar, para hacer la caminata espacial.
6. ¿Sabías que? Buzz Aldrin tuvo mucho cuidado de no cerrar la escotilla del módulo: porque no había manija exterior para luego abrirla de nuevo.
7. ¿Sabías que? hay muchos escritos que niegan el viaje a la luna y en realidad si sucedió.
8. ¿Sabías que? La primera novela de ciencia ficción que hablo de la posibilidad de un viaje a la luna, sin antes lograr el objetivo en la vida real fue escrita por: Julio Verne, narrando las aventuras de unos intrépidos astronautas que viajan a la Luna; titulada su novela con el nombre “De la Tierra a la Luna”.
9. ¿Sabías que? El 21 de julio de 1969, el primer hombre que logro poner un pie en la luna (satélite natural de la tierra) fue Neil Armstrong.
10. ¿Sabías que los viajes espaciales tienen 9 retos urgentes para lograr viajar con éxito a otro planeta?, entre ellos está: la disponibilidad de agua, alimentos, manejo de residuos, protección contra radiación solar, urgencias médicas y deterioro orgánico y cognitivo, entre otros.
11. ¿Sabías que? el descenso de la presión sobre la espina dorsal por la ausencia de gravedad hace que la estatura de los astronautas aumente aproximadamente unos 5 a 7cm.
12. ¿Sabías que? la mayoría de los astronautas se quitan las uñas de las manos, porque el espacio en estado de ingravidez y los guantes, hacen opresión en los dedos cortando la circulación y creando pequeñas hipoxias en los dedos.
13. Laika fue una perra de origen soviético que pasó a la fama por convertirse en el primer ser vivo terrestre en viajar al espacio. Laika iba a bordo de la nave Sputnik 2 en la fecha del 3 de noviembre de 1957, cuando inició su lanzamiento.
14. ¿Sabías que? al separarse el módulo lunar del Apolo 11, la cabina estaba totalmente despresurizada, originando un estallido de gas equivalente al del tapón de una botella de champán, que desplazó el módulo a 6,4 km del objetivo previsto.
15. ¿Sabías que? el astronauta Bruce McCandless fue el primer hombre en hacer un vuelo libre en el espacio, todo esto gracias a una mochila propulsada por un chorro de nitrógeno, conocida anteriormente en la NASA como MMU (Manning Manuvering Unit), el cual le permitió la aventura de estar más lejos de los confines y la seguridad de su nave, que cualquier otro astronauta en la historia.



Scott Kelly es gemelo de otro ex astronauta, Mark Kelly- Créditos y derechos de imagen: NASA

16. ¿Sabías que? Scott Kelly, es el astronauta de la NASA con más tiempo en el espacio, con un record de 520 días y una estancia continua de 340 días en la estación espacial.
17. Sabías que Scott Kelly ahora en el 2018 tiene 54 años de edad.
18. ¿Sabías que? Scott Kelly es gemelo de otro ex astronauta, llamado Mark Kelly, y una de las razones de su larga estancia en el espacio, fue investigar los efectos del espacio sobre su cuerpo (Scott Kelly), y comparar los resultados con los de su hermano.
19. Sabías que el comportamiento genético de alrededor de un 7 % del ADN de Scott Kelly había cambiado respecto al de su hermano, sin generar síntomas y signos de enfermedad.
20. Sabías que la comida de un astronauta es irradiada y deshidratada para que no tengan bacterias.
21. ¿Sabías que? En la estación espacial puede generar hongos en el espacio.

ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL:

22. ¿Sabías que? en la Estación Espacial Internacional, seis naves espaciales se pueden conectar al mismo tiempo.
23. ¿Sabías que? la masa de la Estación Espacial Internacional es de aproximadamente 925,335 libras, lo que es equivalente a 419,725 kilogramos y va en crecimiento, para realizar nuevos aportes a la ciencia bajo investigaciones; debe crecer aún más las instalaciones del laboratorio espacial.
24. ¿Sabías que? en la Estación Espacial Internacional ha sido visitada por más de 230 personas de 18 países, tales como Estados Unidos, Rusia, Japón, Canadá, Italia, Francia, Alemania, Bélgica, Brasil, España, entre otros, han visitado este laboratorio en órbita.
25. ¿Sabías que? la Estación Espacial Internacional durante 24 horas, hace 16 órbitas sobre Tierra.
26. Sabías que la Estación Espacial Internacional ha llevado a cabo más de 1900 experimentos únicos sin descanso, por parte de la NASA.
27. ¿Sabías que? la historia de la Estación Espacial Internacional comenzó en 1998, fecha en la que fue lanzada al espacio. Desde noviembre de 2000 la estación ha estado ocupada continuamente.
28. ¿Sabías que? la Estación Espacial Internacional cuenta con un gimnasio para que los astronautas no pierdan su masa muscular y no tengan el número de atrofas aumentadas en los órganos y músculos por falta de ejercicio aeróbico.
29. Sabías que el costo de la Estación Espacial Internacional ya supera el valor de los 100.000 millones de dólares.
30. ¿Sabías que? la Estación Espacial Internacional cuenta con más de 4.000 m² de paneles solares que a su vez suministran de 75 a 90 kilovatios de energía que alimentan el complejo espacial. Además, 52 ordenadores controlan los numerosos sistemas de la estación.
31. ¿Sabías que? la Expedición numero 1 en el espacio en la estación espacial, tenía como objetivo y programa, desarrollar 22 investigaciones por parte de la NASA; actualmente cada nueva misión espacial debe desarrollar más de 100 investigaciones en sus viajes.



Scott Kelly en la Estación Espacial Internacional - Créditos y derechos de imagen: NASA

TRAJES ESPACIALES:

32. ¿Sabías que? los trajes espaciales de los astronautas tienen más de 90 metros de tuberías que regulan todo el sistema de refrigeración.
33. ¿Sabías que? los trajes espaciales pueden llegar a pesar alrededor de 127 kg, siendo muy incómodos y pesados.
34. ¿Sabías que? los trajes, protegen al astronauta de los rayos cósmicos en una mínima proporción.
35. ¿Sabías que? la radiación ionizante es un carcinógeno muy conocido en los estudios del planeta tierra, la evidencia reporta que los riesgos de formar y padecer cáncer por la exposición a rayos X y rayos gamma (γ) es alta, pero más si estás en el espacio exterior sin las paredes de la estación espacial, porque el traje no es 100% protector.

BIOLOGÍA CELULAR DE LA MEDICINA AEROESPACIAL:

36. ¿Sabías que? existen ensayos experimentales y clínicos que describen en la actualidad que las células pre neoplásicas o micro tumores inactivos en el planeta Tierra, muestran que estos podrían de manera potencial, progresar y desarrollar cáncer como consecuencia de la exposición a la radiación cósmica, en un viaje espacial.
37. ¿Sabías que? cuando hablamos de cultivos celulares en el espacio pueden presentar alteraciones de su citoesqueleto (célula), teniendo una apariencia más redondeada (esferoides), sin dejar de lado que modifican su señalización y presentan alteraciones en su expresión genética.
38. ¿Sabías que? el mecanismo exacto, por el cuál la radiación induce la formación de tumores se desconoce, se relaciona a múltiples factores que influyen en el espacio a la división celular predisponente a cáncer, en teoría.

SISTEMA ÓSEO Y MUSCULAR:

39. ¿Sabías que? los músculos y los huesos presentan una acentuada atonía y atrofia, esto es por la disminución en la síntesis de proteínas que los constituyen.
40. ¿Sabías que?, los discos intervertebrales se ensanchan por el efecto de ganancia de agua, causando un incremento de la estatura de un astronauta entre 5 a 7 cm.
41. ¿Sabías que? los astronautas pueden crecer en el espacio, cuando superan los dos meses en ausencia de gravedad, con el efecto adverso de padecer dolor lumbar al regreso al planeta, con la presencia de molestias al caminar por volver a adaptarse a la fuerza de gravedad.
42. ¿Sabías que? el espacio exterior, genera una rápida descalcificación con aproximadamente la pérdida de un 1% por mes de calcio en el fémur, pelvis y columna vertebral, lo que incrementa el riesgo de fracturas.
43. ¿Sabías que? los astronautas pueden desarrollar cálculos renales por el exceso de calcio liberado en sangre.
44. ¿Sabías que? el ambiente de microgravedad impone a los receptores de la piel, músculo, articulaciones y sistema vestibular a cambios que condicionan a la disminución de su actividad compensadora.
45. ¿Sabías que? durante los vuelos espaciales de larga duración los músculos, y la resistencia física de un astronauta se agotan perdiendo la capacidad de sostener y hacer ejercicio entre un 30 y un 50 por ciento de su máxima capacidad total.

SISTEMA CARDIOVASCULAR:

46. ¿Sabías que? a nivel cardiovascular existe el efecto de atrofia cardíaca entre más largo sea el viaje espacial, los viajes espaciales mayores a 6 meses generan este efecto.
47. ¿Sabías que? existe una disminución en la densidad capilar de los músculos de los astronautas y en el corazón, aumentando la posibilidad de patologías cardiovasculares.
48. ¿Sabías que? los astronautas pueden tener riesgo de arritmias cardíacas; estos se presenta porque existen alteraciones iónicas en los sistemas de las células cardíacas; fenómeno otorgado por la redistribución de los líquidos en los espacios intra y extra celulares de forma no convencional; con la predisposición de incrementar el riesgo de padecer arritmias malignas durante el viaje espacial.
49. ¿Sabías que? el corazón de un astronauta se vuelve casi un 10% más esférico. Esto se debe a la exposición de períodos extensos de microgravedad. Con riesgos de generar dificultades cardiovasculares al regreso de su viaje espacial a la tierra.
50. ¿Sabías que? la función cardiovascular de los astronautas es normal mientras están en el espacio, pero muchos regresan al planeta tierra con respuestas hemodinámicas alteradas, todo esto se da al enfrentarse a la readaptación de la gravedad, el cual pueden padecer síntomas y signos de taquicardia desmedida, hipotensión ortostática y en particular con episodios de síncope pos viaje espacial.
51. ¿Sabías que? el cambio crónico en las fuerzas gravitacionales, la alteración en los patrones de actividad física y los factores sociales asociados con el confinamiento en el espacio generan cambios de presión arterial, similares al de una persona en la tierra que tenga mucho estrés, creando alzas tensionales sostenidas.
52. ¿Sabías que? los marcadores sanguíneos de inflamación, crecimiento vascular y estrés, se elevan en el espacio y se conjugan con las alteraciones inducidas por la gravedad en la estructura de las paredes arteriales al estar en la microgravedad.

53. ¿Sabías que? los astronautas en vuelos espaciales de larga duración tienen más beneficios que los que realizaron vuelos espaciales de corta duración a nivel cardiovascular, la razón es que se adapta la fisiología con una sincronización aún desconocida.
54. ¿Sabías que? la respuesta barorrefleja de los astronautas se altera con cambios significativos al regresar a la tierra, al estar en viajes de corta y larga duración.
55. ¿Sabías que? los estudios relacionados a la perfusión cerebral en estados de microgravedad aún tienen muchas incógnitas y fórmulas matemáticas por resolver; se sabe que la presión cerebral en la microgravedad aumenta, teniendo disminución de la capacidad y rendimiento de un astronauta en actividades de rutina en el espacio.
56. ¿Sabías que? por falta de actividad física de los astronautas en el espacio la arteria carótida, tiene mayor tensión y adquiere propiedades de rigidez.
57. ¿Sabías que? las arterias principales pueden sufrir un envejecimiento mucho más grande en el espacio que en la tierra, por los fenómenos de estrés, microgravedad, radiación y alteraciones del ritmo circadiano.
58. ¿Sabías que? en una misión espacial que perdure más de 6 meses, el corazón se vuelve más pequeño y disminuye el volumen sanguíneo del 15 al 20%.

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL:

59. ¿Sabías que? el 30 por ciento de los tripulantes de una misión espacial de corta duración, pueden sufrir y padecer una pérdida de la agudeza visual después de regresar a casa; pero se ha evidenciado que cuando hay periodos orbitales de aproximadamente seis meses, la cifra es del 60 por ciento.
60. ¿Sabías que? los investigadores de la medicina aero espacial han encontrado y reportado que la presión intracraneal en condiciones de microgravedad es mayor.

SISTEMA ENDOCRINO:

61. ¿Sabías que? en el sistema endocrino se presentan alteraciones del sistema renina-angiotensina-aldosterona, disminuyendo la síntesis de eritropoyetina y con aumento de los niveles de norepinefrina y hormona antidiurética en vuelos de larga (mayor o igual a 6 meses) y corta (menor o igual a 3 meses) duración.
62. ¿Sabías que? cuando los astronautas están en el espacio su temperatura corporal alcanza los 40 °C.
63. ¿Sabías que? Los astronautas tienen predisposición a tener alteraciones endocrinas al regresar al planeta, pero aun los estudios están más claros en cultivos celulares.
64. ¿Sabías que? El sistema endocrino es mayormente afectado por los estados de microgravedad, aun con muchas incertidumbres.

SISTEMA INMUNE:

65. ¿Sabías que? la respuesta inmune se ve afectada por la radiación espacial, la microgravedad, nutrición y los cambios del micro biota intestinal, creando estados de inmunosupresión en los astronautas en viajes de corta y larga duración.
66. ¿Sabías que? el estrés físico y psicológico genera en los astronautas inmunosupresión.
67. ¿Sabías que? la inmunidad celular en los viajes de larga y corta duración disminuye, con aumento de la respuesta humoral.
68. ¿Sabías que? existe evidencia, donde las interleucinas pro inflamatorias aumentan antes del despegue, durante y después del regreso al planeta tierra.

EXTREMIDADES SUPERIORES:

69. ¿Sabías que? los guantes del traje espacial son muy pesados y voluminosos, y por tanto, afectan directamente a las uñas de los astronautas. Estos oprimen tanto los dedos que acaban cortando la circulación, por esta misma razón, sus manos acaban llenas de rozaduras, ampollas y la progresiva caída de uñas.

RITMO CIRCADIANO:

70. ¿Sabías que? el Sol sale y se pone aproximadamente cada 90 -minutos en la Estación Espacial Internacional.
71. ¿Sabías que? en un viaje espacial mayor a 12 días, puedes iniciar procesos de pérdida de la capacidad de conciliar el sueño y debes consumir medicamentos para dormir; se da por el exceso de ruido y cambios hormonal a la exposición de la microgravedad.
72. ¿Sabías que? los astronautas pueden dormir de pie en una bolsa de sueño en la estación espacial.



Imagen nocturna del 29 de enero de 2012, la presencia humana vista desde la estación espacial, rodeando el Golfo de México con proyección hacia el norte, sureste de los Estados Unidos. Se resaltan las áreas metropolitanas más brillantes e iluminadas de Atlanta, Georgia, y Jacksonville, Florida.

Créditos y derechos de imagen: NASA

Referencias:

1. Prisk GK. Microgravity. Compr Physiol. 2011; 1:485-97.
2. Dulce Pontaza - agosto 3, 2018 10 datos que no sabías sobre la Estación Espacial Internacional- Te compartimos diez datos curiosos sobre el laboratorio en órbita.
3. Caviness, V.S., Jr., R.S. Nowakowski and T. Takahashi, (1999) The G1 restriction check point as a critical regulator of neocortical neuronogenesis. Neurochem. Res. 24(4):497-506.
4. Caviness, V.S., Jr., T. Takahashi and R.S. Nowakowski (2000) Neocortical malformation as consequence of non adaptive regulation of neuronogenetic sequence. In: Pathology of Development of Cerebral Cortex. Mental Retard. Devel. Disabil. 6: 22-33.
5. Delalle, I. , T. Takahashi, R.S. Nowakowski and V.S. Caviness, Jr. (1999). Cyclin E - p27 Opposition and Regulation of the G1 Phase of the Cell Cycle In the Murine Neocortical PVE: A Quantitative Analysis of mRNA In Situ Hybridization. Cerebral Cortex 9: 824-832.
6. Gilmore, E., R.S. Nowakowski, V.S. Caviness, Jr. and K. Herrup (2000) Cell birth, cell death, cell diversity and DNA breaks: how do they all fit together? Trends in Neuroscience 23: 100-105.
7. Townsend, L. W. Implications of the space radiation environment for human exploration in deep space. Radiat Prot Dosimetry 115, 44–50, doi: 10.1093/rpd/nci141 (2005).
8. Jessica Boddy. From shrinking spines to space fungus: The top five dangers of space travel. Dec. 2, 2016; Science. shrinking-spines-space-fungus-top-five-dangers-space-travel, Posted in: Brain & Behavior Space. doi:10.1126/science. aal0451
9. Raúl Carrillo Esper; Medicina espacial; Primera Edición, Academia Nacional de Medicina de México; 2016. ISBN 978-607-443-624-2.
10. Stewart LH, Trunkey D, Rebagliatti SG. Emergency medicine in space. J Emerg Med. 2007;32:45-54.
11. Taylor, Wayne E. Alteration of gene expression profiles in skeletal muscle of rats exposed to microgravity during a spaceflight. Life Sciences (General). Journal of gravitational physiology : a journal of the International Society for Gravitational Physiology; p. 61-70; (ISSN 1077-9248); Volume 9; 2

12. Willey JS, Lloyd SA, Nelson GA, Bateman TA. Space radiation and bone loss. *Gravit Space Biol Bull.* 2011;25:14-21.
13. Liakopoulos U, Leivaditis K, Eleftheriadis T, Dombros N. The kidney in space. *Int Urol Nephrol.* 2012;44:1893-901.
14. Stein TP. Weigh, muscle and bone loss during space flight: another perspective. *Eur J Appl Physiol.* 2013:2171-81.
15. Hughson RL. Recent findings in cardiovascular physiology with space travel. *Resp Physiol Neurobiol.* 2009;169:38-41.
16. Sibonga, Jean D. Managing the Risk for Early Onset Osteoporosis in Long-Duration Astronauts Due to Spaceflight. NASA Johnson Space Center; Houston, TX, United States. Life Sciences (General); JSC-CN-21978.
17. C.S. Layne, K.E. Forth, Plantar stimulation as a possible countermeasure to microgravity-induced neuromotor degradation., *Aviation Space and Environmental Medicine.* 79 (2008) 787–794.
18. Carl J. Ade, PhD, Incidence Rate of Cardiovascular Disease End Points in the National Aeronautics and Space Administration Astronaut Corps. *J Am Heart Assoc.* 2017 Aug; 6(8): e005564. *J Am Heart Assoc.* 2017 Aug; 6(8): e005564. Published online 2017 Aug 7. Doi: [10.1161/JAHA.117.005564]
19. Abrosimova AN, Shafirkin AV, Fedorenko BS. (2000) Probability of lens opacity and mature cataracts due to irradiation at various LET values. *Aviakosm Ekolog Med* 34(3):33–41.
20. Human Health and Performance Risks of Space Exploration Missions, (Jancy C. McPhee and John B. Charles, editors), NASA SP-2009-3405, 2009.
21. Charvat, Jacqueline M., Lee, Stuart M. C., Wear, Mary L., Stenger, Michael B., and Van Baalen, Mary. Cardiovascular Disease Outcomes Among the NASA Astronaut Corps. NASA Center: Johnson Space Center, Jan 22, 2018; 20170010301; JSC-CN-40701. 2018 NASA Human Research Program Investigators' Workshop (HRP IWS 2018); 22-25 Jan. 2018; Galveston, TX; United States.
22. Michael B. Stenger, Ph.D. Stuart M.C. Lee, Ph.D. The Heart of the Matter: Avoiding Cardiovascular Dysfunction. <https://www.nasa.gov/content/cardiovascular-health> March 31, 2015, Last Updated: Aug. 7, 2017. National Aeronautics and Space Administration.
23. Carl J. Ade, PhD, Incidence Rate of Cardiovascular Disease End Points in the National Aeronautics and Space Administration Astronaut Corps. *J Am Heart Assoc.* 2017 Aug; 6(8): e005564. *J Am Heart Assoc.* 2017 Aug; 6(8): e005564. Published online 2017 Aug 7. Doi: [10.1161/JAHA.117.005564]
24. S. R. Elgart, Radiation Exposure and Mortality from Cardiovascular Disease and Cancer in Early NASA Astronauts: Space for Exploration. Jan 22, 2018, 20170009911, Aerospace Medicine, JSC-CN-40709. NASA; Washington, DC, United States. 2018 NASA Human Research Program Investigators' Workshop; 22-25 Jan. 2018; Galveston, TX; United States.
25. Zarana Patel, PhD. Evidence Report: Risk of Cardiovascular Disease and Other Degenerative Tissue Effects from Radiation Exposure. National Aeronautics and Space Administration Lyndon B. Johnson Space Center Houston, Texas.
26. Anderson RE, Key CR, Yamamoto T, Thorslund T. (1974) Aging in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. Speculations based upon the age-specific mortality of persons with malignant neoplasms. *Am J Pathol* 75:1–11.
27. Lee, Stuart M. C, Metabolomic and Genomic Markers of Atherosclerosis as Related to Oxidative Stress, Inflammation, and Vascular Function in Twin Astronauts. Jan 23, 2017. 20160013632. Aerospace Medicine. JSC-CN-37998. NASA; Washington, DC, United States.

28. Hughson RL. Recent findings in cardiovascular physiology with space travel. *Resp Physiol Neurobiol*. 2009;169:38-41.
29. Stein TP. Weighth, muscle and bone loss during space flight: another perspective. *Eur J Appl Physiol*. 2013;2171-81.
30. Pietsch J, Bauer J, Egli M, Infanger M, Wise P, Ulbrich C, et al. The effects of weightlessness on human organism and mammalian cells. *Curr Mol Med*. 2011;11:350-64.
31. Stewart LH, Trunkey D, Rebagliatti SG. Emergency medicine in space. *J Emerg Med*. 2007;32:45-54.
32. Liakopoulos U, Leivaditis K, Eleftheriadis T, Dombros N. The kidney in space. *Int Urol Nephrol*. 2012;44:1893-901.
33. Jack Stuster, PhD, CPE. Behavioral Issues Associated With Long Duration Space Expeditions: Review and Analysis of Astronaut Journals Experiment 01-E104 (Journals) Phase 2 Final Report. National Aeronautics and Space Administration; Johnson Space Center Houston, Texas 77058, NASA/TM-2016-218603.
34. Vipin K. Parihar; Cosmic radiation exposure and persistent cognitive dysfunction. *Scientific Reports* volume6, Article number: 34774 (2016)
35. APA. (2000) Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 4th Ed. (text rev.). Washington, D.C.
36. Antonovsky A. (1979) Health, stress, and coping: new perspectives on mental and physical well-being. Jossey- Bass, San Francisco, Calif.
37. Jancy C. McPhee, Ph.D, Human Health and Performance Risks of Space Exploration Missions, Evidence reviewed by the NASA Human Research Program. NASA SP-2009-3405. Lyndon B. Johnson Space Center; Houston, Texas 77058
38. Bailey DA, Gilleran LG, Merchant PG. (1995) Waivers for disqualifying medical conditions in U.S. Naval aviation personnel. *Aviat. Space Environ. Med.*, 66:401–407.
39. Review of the NASA Astronaut; NASA Astronaut Health Care System Review Committee February – June 2007 Report to the Administrator.
40. Review of the NASA Astronaut, Memo from the NASA Administrator to the Chief Health and Medical Officer; 7 Feb 2007.
41. Review of the NASA Astronaut, Johnson Space Center Astronaut and Flight Surgeon Survey Report; January 2008.
42. Thomas Williams, Evidence: Risk of Adverse Cognitive or Behavioral Conditions and Psychiatric Disorders; Report- Human Factors and Behavioral Performance (HFBP), BMed Last Published: 07/31/18 09:30:03 AM (Central).
43. Mao, X.W., Nishiyama, N.C., Pecaut, M.J., Campbell-Beachler, M., Gifford, P., Haynes, K.E., Gridley, D.S. (2016). Simulated Microgravity and Low-Dose/Low-Dose-Rate Radiation Induces Oxidative Damage in the Mouse Brain. *Radiation Research*, 185(6), 647-57. <https://doi.org/10.1667/RR14267.1>
44. Britten, R., Jewell, J. S., Duncan, V. D., Hadley, M. M., Macadat, E., Musto, A., & La Tessa, C. (2018). Impaired Attentional Set-Shifting Performance after Exposure to 5 cGy of 600 MeV/n 28 Si Particles. *Radiation Research*, 189(3), 273-282. <https://doi.org/10.1667/RR14627.1>
45. Cassady, K., Koppelmans, V., Reuter-Lorenz, P., De Dios, Y., Gadd, N., Wood, S., ... Seidler, R. (2016). Effects of a spaceflight analog environment on brain connectivity and behavior. *NeuroImage*, 141, 18-30. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.07.029>
46. Clewett, D. V., Lee, T. H., Greening, S., Ponzio, A., Margalit, E., & Mather, M. (2016). Neuromelanin marks the spot: identifying a locus coeruleus biomarker of cognitive reserve in healthy aging. *Neurobiology of Aging*, 37, 117–126. <http://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2015.09.019>.

47. Demertzi, A., Van Ombergen, A., Tomilovskaya, E., Jeurissen, B., Pechenkova, E., Di Perri, C., Wuyts, F. L. (2016). Cortical reorganization in an astronaut's brain after long-duration spaceflight. *Brain Structure and Function*, 221, 2873–2876. <http://doi.org/10.1007/s00429-015-1054-3>
48. Muldoon, S. F., Pasqualetti, F., Gu, S., Cieslak, M., Grafton, S. T., Vettel, J. M., & Bassett, D. S. (2016). Stimulation-Based Control of Dynamic Brain Networks. *PLoS Computational Biology*, 12(9), e1005076. <http://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005076>
49. NASA CNS Risk Evidence Report: Risk of Acute and Late Central Nervous System Effects from Radiation Exposure (2016). Retrieved from <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/cns.pdf>
50. Pani, G., Samari, N., Quintens, R., de Saint-Georges, L., Meloni, M., Baatout, S., ... Benotmane, M. A. (2013). Morphological and Physiological Changes in Mature In Vitro Neuronal Networks towards Exposure to Short-, Middle- or Long-Term Simulated Microgravity. *PLoS ONE*, 8(9), e73857. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0073857>
51. Zwart SR, Launius RD, Coen GK, Morgan JLL, Charles JB, Smith SM. Body mass changes during long duration spaceflight. *Aviat Space Environ Med*. 2014;85:897-904.
52. Smith SM, Zwart SR. Nutritional biochemistry of spaceflight. *Adv Clin Chem*. 2008;46:87-130. 2.
53. Smith SM, Zwart SR, Kloeris V, Heer M. Nutritional biochemistry of space flight. New York: Nova Science Publishers; 2009.
54. Estrategia y Visión de la Labor de la FAO en Materia de Nutrición. Papel de la FAO en la nutrición. Rome, 2014. Sitio web de la Organización (www.fao.org/publications).
55. Raúl Carrillo Esper, Medicina espacial, 2016, primera edición, Por: Academia Nacional De Medicina De México (ANMM). ISBN 978-607-443-624-2.
56. Conference on Nutrition in Space and Related Waste Problems. University Of South Florida. Tampa, Florida April 27-30, 1964. NASA SP-70.
57. Bourland CT, Smith MC. Selection of human consumables for future space missions. *Waste Manage Res*, 1991;9:339–44.
58. Carl J. Ade, PhD, Incidence Rate of Cardiovascular Disease End Points in the National Aeronautics and Space Administration Astronaut Corps. *J Am Heart Assoc*. 2017 Aug; 6(8): e005564. *J Am Heart Assoc*. 2017 Aug; 6(8): e005564. Published online 2017 Aug 7. Doi: [10.1161/JAHA.117.005564]
59. T. Lang, A. LeBlanc, H. Evans, Y. Lu, H. Genant, A. Yu, Cortical and trabecular bone mineral loss from the spine and hip in long-duration spaceflight, *J. Bone Min. Res*. 19 (2004) 1006–1012.
60. Lambertz D, Perot C, Kaspranski R, Goubel F. Effects of longterm spaceflight on mechanical properties of muscles in humans. *J Appl Physiol*. 2001;90:179–88.
61. NASA. Postflight Rehabilitation Plan. Document JSC 27050. Johnson Space Center, NASA, 1997.
62. Payne MWC, Williams DR, Trudel G. Review: space-flight rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86:583–91.
63. Reeves ND, Maganaris CN, Ferretti G, Narici MV. Influence of 90-day simulated microgravity on human tendon mechanical properties and the effect of resistive countermeasures. *J Appl Physiol*. 2005;98:2278–86.
64. Tesch PA, Trieschmann JT, Ekberg A. Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise. *J Appl Physiol*. 2004;96:1451–8.

65. Pennline, James; The Digital Astronaut Project Computational Bone Remodeling Model (Beta Version) Bone Summit Summary Report, Sep 23, 2013; 20140003236; JSC-CN-29755, Aerospace Medicine.
66. J.C. Buckley Jr, Space Physiology, Oxford University Press, New York, 2006.
67. C.S. Layne, K.E. Forth, Plantar stimulation as a possible countermeasure to microgravity-induced neuromotor degradation., Aviation Space and Environmental Medicine. 79 (2008) 787–794.
68. LeBlanc, T. Matsumoto, J. Jones, J. Shapiro, T. Lang, L. Shackelford, et al., Bisphosphonates as a supplement to exercise to protect bone during long-duration spaceflight., Osteoporosis International : a Journal Established as Result of Cooperation Between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA. (2013).
69. Badhwar GD. (1997) Spaceflight validation of material shielding properties. In: Wilson JW, Miller J, Konradi A, Cucinotta FA (Eds.), NASA workshop on shielding strategies for human space exploration. NASA-CP-1997- 3360. NASA Johnson Space Center, Houston.
70. Badhwar GD, Cucinotta FA. (2000) A comparison of depth dependence of dose and linear energy transfer spectra in aluminum and polyethylene. Radiat. Res., 153:1–8.
71. Barcellos-Hoff MH, Park C, Wright EG. (2005) Radiation and the microenvironment – tumorigenesis and therapy. Nat. Rev. Canc., 5:867–875.
72. Beir. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. National Research Council of the National Academies. (2006) Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII – Phase 2. The National Academies Press, Washington, D.C.
73. Billings MP, Yucker WR, Heckman BR. (1973) Body self-shielding data analysis. MDC-G4131. McDonnell- Douglas Astronautics Company West.
74. Bingham S, Riboli E. (2004) Diet and cancer—the European prospective investigation into cancer and nutrition. Nat. Rev. Canc., 4:206–215.
75. Bunger BM, Cook JR, Barrick MK. (1981) Life table methodology for evaluating radiation risk: an application based on occupational exposures. Health Phys., 40:439–455.
76. Burns FJ, Jin Y, Koenig KL, Hosselet S. (1993) The low carcinogenicity of electron radiation relative to argon ions in rat skin. Radiat. Res., 135:178–188.
77. Burns F, Yin Y, Garte SJ, Hosselet S. (1994) Estimation of risk based on multiple events in radiation carcinogenesis of rat skin. Adv. Space Res., 14:507–519.
78. Ochola, D. O.; Persistence of Gamma-H2AX Foci in Irradiated Bronchial Cells Correlates with Susceptibility to Radiation Associated. Aerospace Medicine. NASA Ames Research Center; Moffett Field, CA, United States. ARC-E-DAA-TN53304/SUPPL . Jan 01, 2018 . 20180001965.
79. NASA. Managing Space Radiation Risk in the New Era of Space Exploration; Jan 01, 2008; Space Radiation; NASA; Washington, DC, United States. 20080016495.
80. Burns FJ, et al. (2007) Induction and prevention of carcinogenesis in rat skin exposed to space radiation. Radiat. Environ. Biophys., 46:195–199.
81. Álvaro Ordóñez Romero; Efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos. Febrero, 2016. Universidad De Jaén; Facultad de Ciencias Experimentales.
82. Gil, J.M. (2010). Radiobiología para profesionales sanitarios: radiosensibilidad vs radorresistencia. Respuestas bioquímica, celular y tisular. Madrid, España: MAD.
83. Vipar K. Parihar. Cosmic radiation exposure and persistent cognitive dysfunction. Scientific Reports volume6, Article number: 34774 (2016). Published: 10 October 2016.
84. Locke PA, Weil MM. Personalized cancer risk assessments for space radiation exposures. Front Oncol. 2016; 6:38.

85. Mohammad A , Ahad S , Durand , Simon D. Saliva as a diagnostic tool for oral and systemic diseases. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2016 Enero-Abril; 6(1): p. 67-76.
86. Belstrøm D, Holmstrup P, Bardow A, Kokaras A, Fiehn NE, Paster B. Temporal stability of the salivary microbiota in oral health. *Plos ONE*. 2016;11(1).
87. Balwant R, Jasdeep K, Bernard H F. Evaluation by an aeronautic dentist on the adverse effects of a six-week period of microgravity on the oral cavity. *International Journal of Dentistry*. 2011.
88. diPrampo PE, Narici MV. Muscles in microgravity: From fibres to human motion. *J Biomech*. 2003;36:403–12.
89. Hammer L. Aeronautical Systems Division studies in weight- lessness: 1959-1960. Wright-Patterson Air Force Base, OH: Aeronautical Systems Division, Air ForceSystems Command, United States Air Force; 1961. Wadd Technical Report 60-715.
90. Space Studies Board: National Research Council. A Strategy for Research in Space Biology and Medicine in the New Century. Washington, DC: National Academy Press; 1998.
91. Haydar, T.F., R.S. Nowakowski, P.J. Yarowsky, and B.K. Krueger (2000) Role of founder cell deficit and delayed neuronogenesis in microencephaly of the trisomy 16 mouse. *J. Neuroscience*, 20: 4156-4164.
92. Hayes, N.L. and R.S. Nowakowski (2000) Exploiting the dynamics of S-phase tracers in developing brain: interkinetic nuclear migration for cells entering vs leaving the S-phase. *Developmental Neuroscience* 22: 44-55.
93. Homick JL, Delaney P, Rodda K. Overview of the Neurolab Spacelab mission. *Acta Astronaut*. 1998 Jan-Apr;42(1-8):69-87.
94. Levison, S.W. and R.S. Nowakowski (2000) Whither stem cell biology? *Developmental Neuroscience* 22: 5-6.
95. Nowakowski, R.S. and N.L. Hayes, (1999) CNS development: an overview. *Development and Psychopathology* 11: 395-417.
96. Takahashi, T., T. Goto, S. Miyama, R.S. Nowakowski, and V.S. Caviness, Jr. (1999) Sequence of neuron origin and neocortical laminar fate: relation to cell cycle of origin in the developing murine cerebral wall. *J. Neuroscience*. 23: 10357-10371.
97. Verney, C., T. Takahashi, P. G. Bhide, R.S. Nowakowski and V.S. Caviness, Jr. (2000) Independent controls for neocortical neuron production and histogenetic cell death. *Developmental Neuroscience* 22: 124-138.