

آزمایشگاه در فضا

آزمایشگاه فضایی در ایستگاه فضایی بین‌المللی (قسمت سوم)

بگیرد. به طور مشابه، به اجرا در آوردن سامانه‌ی «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» ممکن است به استفاده موردی متناسب با موقعیت تجهیزات پژوهشی و مطالعاتی برای برآورد دوره‌ای خدمه درمانی پزشکی نیاز پیدا کند. بنابراین سامانه‌ی «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» دارای سیستم تسهیلات تحقیقات انسانی است که به اختصار آن را «اچ‌آراف» می‌نامند.

سیستم «اچ‌آراف» در ماژول آزمایشگاهی کلمبوس قرار داده شده است. آزمایشگاه فضایی کلمبوس یک آزمایشگاه علمی و بخشی از ایستگاه فضایی بین‌المللی است که توسط سازمان فضایی اروپا ساخته شده است. این آزمایشگاه فضایی به شکل استوانه‌ای به قطر چهار و نیم متر است؛ فضای داخلی آن با گنجایش ۷۵ متر مکعب از انعطاف زیادی برای نصب ابزارهای گوناگون پژوهشی برخوردار است. آزمایشگاه فضایی کلمبوس فضای کافی برای نصب ده قفسه تجهیزات با استاندارد بین‌المللی است. هشت قفسه در دیواره‌ها و دو تای آن‌ها در سقف آزمایشگاه قرار دارد. از این مجموعه، پنج قفسه متعلق به سازمان فضایی اروپا و پنج قفسه دیگر در اختیار ناسا است. هر کدام از این قفسه‌ها تقریباً به بزرگی یک اتاقک تلفن هستند و قابلیت پشتیبانی یک آزمایشگاه مستقل به همراه تمام تجهیزات آن را دارا می‌باشند. شکل و ابعاد ماژول‌های آزمایشگاهی ایستگاه فضایی (برای نمونه کلمبوس) برای این استوانه‌ای شکل طراحی شده‌اند تا بتوان آن را توسط بخش باری فضایی شاتل برای انتقال به مدار زمین حمل کرد. این سیستم از دو قفسه بنام‌های «اچ‌آراف_۱» و «اچ‌آراف_۲» تشکیل شده است. ابعاد هر یک از این قفسه‌ها به اندازه‌ی یک اتاقک آهنی تلفن است و هر کدام از این قفسه‌ها و ابزارهای نصب شده درون آنان خدمات و کاربردهای ویژه‌ای را برای آزمایش‌های زیستی پزشکی فراهم می‌کنند. در این بخش بعضی کسوه‌های «اچ‌آراف_۱» و «اچ‌آراف_۲» را به صورت مختصر توضیح می‌دهیم.

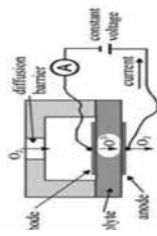
سیستم سنسور کوچک‌شده برای پژوهش‌های تنفسی

با حمایت سازمان فضایی اروپا (ایسا) یک سیستم قابل حمل سبک و کوچک برای تحلیل گازهای تنفسی ساخته شده است که هدف از به کارگیری آن پایش وضعیت سلامت فضانوردان در

در قسمت پیش بیان کردیم که ایستگاه فضایی بین‌المللی که به اختصار «آی‌اس‌اس» نامیده می‌شود، نهمین ایستگاه قابل سکونت در مدار است. آی‌اس‌اس یک ماهواره‌ی مسکونی عظیم و بزرگترین آزمایشگاه میکروگرواوبته در فضا است که با همکاری بیش از ۱۵ کشور سراسر جهان ساخته شده است. این ایستگاه فضایی در مدار زمین و در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری از سطح زمین در حرکت است. سرعت آن در مدار معادل ۲۷,۷۰۰ کیلومتر بر ساعت است، که به این ترتیب روزی ۱۵ بار به دور سیاره زمین گردش می‌کند. ایستگاه فضایی بین‌المللی ۴۵۰ تن وزن خواهد داشت و ۱۲۰۰ متر مکعب فضای کار، پژوهش و زندگی برای فضانوردان فراهم خواهد آورد. این ایستگاه در حال حاضر ظرفیت شش سرنشین دائمی را دارا است. آی‌اس‌اس پرهزینه‌ترین دستگاه ساخته شده در طول تاریخ بشر است.

آزمایش‌های طولانی‌مدت در شرایط گرانش ناچیز در ایستگاه فضایی بین‌المللی انجام می‌شود. در این ایستگاه‌ها، امکان دخالت مستقیم انسان در آزمایش نیز وجود دارد. تأثیر بلندمدت حضور در فضا و شرایط گرانش ناچیز را تنها بر روی فضانوردان خدمه ایستگاه می‌توان تحقیق کرد. ایستگاه از ۱۴ بخش بزرگ استوانه‌ای شکل به نام ماژول (واحد یا بخش) تشکیل شده است. هر ماژول به طور جداگانه روی زمین درست شده و به کار انداخته شده و فضانوردان این بخش‌ها را در فضا به هم متصل کرده و می‌کنند. این ماژول‌ها دارای فشار هوا مناسب برای زندگی و کار انسان هستند. منبع نیروی الکتریکی ایستگاه فضایی بین‌المللی انرژی خورشیدی است. انرژی ابتدا فقط توسط صفحات خورشیدی متصل به بخش‌های روسی ایستگاه یعنی زاریا و زیوزدا تأمین می‌شد. پس از توسعه ایستگاه و نصب بخش‌ها و سازه‌های جدید، صفحات خورشیدی متصل به ستون فقرات ایستگاه، با تولید برق مستقیم ۱۳۰ تا ۱۸۰ ولتی، برق مورد نیاز بخش‌های دیگر را تأمین می‌کنند.

انگیزه و مقصد اصلی در اجرای یک سامانه مراقبت سلامت خدمه «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» ایجاد شرایط مطلوب بدنی و تحت نظارت قرار دادن این شرایط در فضانوردانی که در مدار قرار دارند، است. باین وجود اجزای این سامانه ممکن است به طور اتفاقی برای پشتیبانی و کاربرد در پژوهش‌های علوم زیستی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار



تصویر ۲- تصویر سمت راست سیستم جدید با قابلیت ارسال اطلاعات به صورت بی‌سیم و تصویر سمت چپ ساختار شماتیک حسگر اکسیژن را نشان می‌دهد.

تصویر ۳- فضانورد آرژانس فضایی ژاپن اکتشاف آکی هوشید و انجام عملیات سنجش جذب اکسیژن در آزمایشگاه کلمبوس از ایستگاه فضایی بین‌المللی را نشان می‌دهد.



تصویر ۳- فضانورد آرژانس فضایی ژاپن و انجام عملیات سنجش جذب اکسیژن

دستگاه اندازه‌گیری نیتروژن اکسید_ پلاتون

دانشمندان سازمان فضایی اروپا به منظور پیشگیری از بروز خطرات احتمالی تهدیدکننده‌ی فضانوردان در شرایط کاری داخل و خارج از ایستگاه فضایی، تحقیقاتی را آغاز کرده‌اند که از جمله می‌توان به دو آزمایش «نوآ_۱» و «نوآ_۲» اشاره کرد. در آزمایش نخست (نوآ_۱)، استنشاق هوای موجود در ایستگاه فضایی در حالت بی‌وزنی و تاثیر آن بر التهاب مجرای تنفسی فضانوردان بررسی شده است. این آزمایش در مأموریت دوازدهم به ایستگاه فضایی، روی فضانوردان صورت گرفته است و در آن میزان نیتروژن اکسید بعد از پرواز به ایستگاه فضایی که توسط دستگاه پلاتون اندازه‌گیری شده است با میزان آن قبل از پرواز مقایسه شده است. یکی از نشانه‌های تشخیص وجود التهاب در مجاری تنفسی، افزایش میزان نیتروژن اکسید

حین انجام فعالیت‌هایشان در ایستگاه فضایی بین‌المللی است. حسگر تنفسی به کار رفته در این سیستم میزان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن را اندازه‌گیری کرده و با تحلیل داده‌های به دست آمده از آن می‌توان منحنی جریان تنفسی را رسم کرد. این حسگر بسیار کوچک در داخل یک ماسک تنفسی تعبیه می‌شود. در انواع جدید آن اطلاعات به صورت بی‌سیم برای تحلیل به پردازنده فرستاده می‌شود. از آن جا که این دستگاه کاربردهای زمینی بسیاری نیز دارد در خصوص تجاری سازی آن اقداماتی صورت گرفته و اولین استفاده‌ی تجاری از آن از سال ۲۰۰۸ آغاز شده است.

مهم‌ترین مزایای این سیستم عبارتند از:

- ♦ زمان پاسخ سریع برای اندازه‌گیری گازها
- ♦ امکان اندازه‌گیری میزان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن
- ♦ کربن موجود در گازهای تنفسی
- ♦ امکان اندازه‌گیری نرخ تنفس
- ♦ رسم منحنی جریان تنفسی در حالت‌های دم و بازدم
- ♦ وزن کم و اندازه‌ی کوچک
- ♦ توان مصرفی بسیار کم
- ♦ قابلیت تعویض آسان حسگرها

سیستم سنسور کوچک‌شده برای پژوهش‌های تنفسی یک سیستم قوی، جمع و جور و آسان برای تحقیقات تنفسی است. این سنسور لزوماً برای یک برنامه فضایی نیست ممکن است کاربردهای زمینی مختلفی (به عنوان مثال پزشکی، تشخیص عملکرد ریه، تناسب اندام، کنترل احتراق و غیره) داشته باشد. تصویر ۱- تصویر سمت راست سیستم سنسور کوچک‌شده برای پژوهش‌های تنفسی و تصویر سمت چپ ساختار کلی سیستم تحلیل عملکرد دستگاه تنفسی را نشان می‌دهد.



تصویر ۱- ساختار کلی سیستم تحلیل عملکرد دستگاه تنفسی

سیستم سنجش جذب اکسیژن

هدف از مطالعه‌ی دستگاه سنجش جذب اکسیژن یافتن روشی برای اندازه‌گیری اکسیژن خدمه در فضا می‌باشد، اندازه‌گیری مورد نیاز به منظور دقت اندازه‌گیری کاردیوویسکولار مناسب خدمه اعزامی است.

به ریه صدمه برسانند. صرفاً به دلیل نبود علائم یا نشانه‌های بالینی آشکارا در ارتباط با سیستم ریوی، نمی‌توان از سلامت آن مطمئن بود.

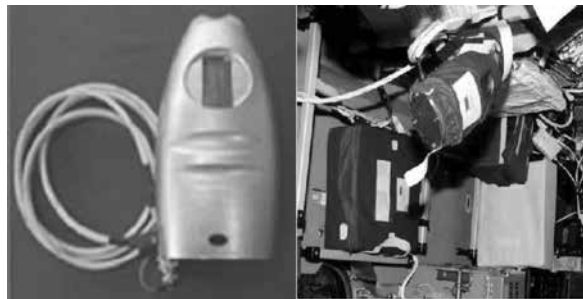
سانتریفیوژ یخچال‌دار

نان چه ذرات در یک نمونه دارای جرم‌های متفاوتی باشند، می‌توان بر اساس اختلاف جرم و تأثیر نیروی ثقل آن‌ها را از یکدیگر جدا کرد. برای تسریع این عمل از روشی به نام سانتریفیوژ یا میان‌گریزش استفاده می‌شود. مبنای اصلی سانتریفیوژ، اصل گریز از مرکز است که یکی از اصول فیزیک دوران محسوب می‌شود. در حقیقت سانتریفیوژ توسط نیروی گریز از مرکز، ذرات سوسپانسیون را از مایع جدا می‌کند. همچنین می‌تواند باعث تفکیک دو مایع با تراکم متفاوت شود. این مایعات می‌توانند مایعات بدن باشند (مانند خون، سرم و ادرار). سانتریفیوژ با ایجاد نیروی چندین برابر نیروی جاذبه، باعث افزایش سرعت طبیعی جدایی ذرات با تراکم متفاوت می‌شود. در ساده‌ترین حالت، سانتریفیوژ از یک قسمت چرخنده (چرخانه یا روتور) فلزی با سوراخ‌هایی برای جا دادن مایعات تشکیل شده است که توسط یک موتور و با سرعتی که توسط کاربر انتخاب می‌شود، می‌چرخد.

سانتریفیوژ یخچال‌دار دستگاهی است که در آن با استفاده از نیروی گریز از مرکز مواد را از یکدیگر جدا می‌کنند. در این دستگاه محفظه‌ای که مواد جداسازی در آن قرار دارد، معمولاً به کمک یک موتور به سرعت حول یک محور می‌چرخد. این دستگاه مجهز به یخچال بوده و جهت جداسازی نمونه‌های حساس به دما به کار می‌رود. سانتریفیوژ یخچال‌دار مواد بیولوژیکی مختلف را در سرعت بالا می‌چرخاند و می‌تواند نمونه‌ها را بین نیم تا پنجاه میلی‌لیتر نگاه دارد. فضاورد محقق می‌تواند سرعت را بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) و مدت زمان را بین ۱ تا ۶۰ دقیقه انتخاب کند.

در ایستگاه فضایی بین‌المللی به منظور بررسی مشکل حد آستانه جاذبه در سیستم‌های زنده، چند سانتریفیوژ فراهم شده است. از این سانتریفیوژها در آزمایشات میکروگراویته و همچنین به منظور مطالعه آستانه جاذبه از 10^{-6} و 2 جی استفاده می‌شود. البته این موضوع منوط به امکان نصب سانتریفیوژ با ظرفیت جاذبه حدود 2 جی و با قطر $2/5$ متر در ایستگاه فضایی و یا دست کم امکان نصب سانتریفیوژهایی که میزان جاذبه انتخابی آن‌ها از $0/10$ تا $1/5$ جی تغییر

در هوای بازدمی است. التهاب در مجاری تنفسی معمولاً پس از استنشاق گرد و غبار به وجود می‌آید. با توجه به معلق بودن این ذرات در محیط جاذبه‌ی ناچیز، احتمال استنشاق این ذرات و التهاب مجاری تنفسی در چنین محیطی بیش‌تر است. در آزمایش دوم (نوا_۲)، دانشمندان تأثیر کاهش فشار بر فعالیت فضاوردان را بررسی کرده‌اند. با کاهش فشار، حباب‌های گازی در خون تولید می‌شود که به تصلب شراین و در نهایت بیهوشی می‌انجامد. این حالت همانند صعود سریع غواص از اعماق دریا به سطح آب است که با تهوع و بیهوشی همراه است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده، تقریباً شش درصد فضاوردان به این نوع اختلال دچار می‌شوند. یادآوری می‌شود که استفاده از دستگاه پلاتون به عنوان یک روش ساده و غیرتهاجمی، به پیشرفت این پروژه کمک شایانی کرده است.



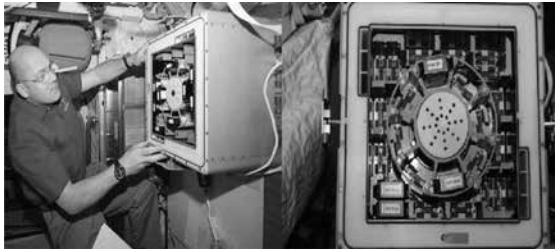
تصویر ۴- دستگاه پلاتون در آزمایش نوا_۱ و تعیین مقدار نیتروژن اکسید با آن

عملکرد ریه‌ها در میکروگراویته

پیش‌بینی می‌شد که عملکرد ریه‌ها در محیط‌های کم جاذبه بسیار تغییر خواهد کرد، اگر چه جهت این تغییرات به دلیل آن که ممکن است برخی تغییرات عملکرد ریه‌ها را تضعیف و برخی دیگر تأثیرات مثبت داشته باشند، مشخص نیست.

سیستم ریوی در امتداد با سیستم کاردیو واسکولار کار می‌کند تا اکسیژن لازم برای زندگی را تأمین کند. برخلاف سیستم کاردیو واسکولار، هیچ مشکلی در ارتباط با سیستم ریوی در محیط میکروگراویته وجود نداشته است؛ به همین دلیل محققین توجه کم‌تری را به فیزیولوژی این سیستم در شرایط میکروگراویته اختصاص داده‌اند. در واقع به دلیل افزایش جریان خون ریوی و توزیع یکسان جریان خون در میکروگراویته عملکرد ریوی بهبود می‌یابد.

هر چند، در دراز مدت، عملکرد ریه به دلیل بروز تغییراتی در فشار و حجم خون عروقی تغییر می‌یابد. از طرفی امکان دارد که تغییرات طولانی در توزیع جریان نسبی خون و هوا در مناطق مختلف ریه، عملکرد صحیح قلب به طور دائم تحت تأثیر قرار دهد. از طرف دیگر، همراه با تغییراتی در فشار و حجم عروق خونی، گازهای استنشاق شده، بخارات و آئروسول‌ها نیز می‌توانند



تصویر ۶- انکوباتور کوچک سازمان فضایی

در طول تمامی مراحل رشد و تکامل می‌باشد. همچنین یک محل جهت نگهداری از حشرات برای مطالعه چند نسلی و بررسی اثر اشعه بر بیولوژی وجود دارد. انکوباتورهای تخم، انکواسیون و رشد تخم‌های خزندگان و مرغان را قبل از بیرون آمدن از تخم حمایت می‌کند.

تغییرات قفسه‌های «اچ آراف_۱» و «اچ آراف_۲»

قفسه‌ی «اچ آراف_۲» با اجزای سانتریفیوژ یخچال‌دار، دستگاه سنجش جرم شتاب خطی فضایی، ایستگاه کاری_۲، سیستم عملکرد ریوی به فضا پرتاب شد. برای این که این دستگاه‌ها کارکرد مناسب و بهینه‌تری نسبت به قبل ارایه دهند، مهندسين تصمیم گرفتند تا جای بعضی از اجزای هر دو قفسه را جابه‌جا کنند. در طول مأموریت اردو_۱۱، سیستم تحلیل‌گر گازی با کاربرد در فیزیولوژی تحلیلی متابولیک از قفسه‌ی «اچ آراف_۱» به «اچ آراف_۲» منتقل شد و دستگاه سنجش جرم شتاب خطی فضایی از قفسه‌ی «اچ آراف_۲» به «اچ آراف_۱» منتقل شد.

منابع

- 1- Afonin BV. Analysis of possible causes of activation of gastric and the pancreatic excretory and incretory function after completion of space flight at the international space station. Human Physiology. 2013 October 11; 39(5): 504-510.
- 2- Bacal K, Frey BM. Selection of Medications for the International Space Station: The Space Medicine Patient Condition Database. Journal of Pharmacy Practice. 2003 Apr; 16(2): 91-95.
- 3- Basner M, Dinges DF, Mollicone DJ, Savelev I, Ecker AJ, Di Antonio A, Jones CW, Hyder E, Kan K, Morukov BV, and Sutton JP. Psychological and behavioral changes during confinement in a 520-day simulated interplanetary mission to Mars. PLoS One. 2014. March 27; 9(3):e93298.
- 4- Beaton-Green L, Lachapelle S, Straube, Wilkins RC. Evolution of the Health Canada astronaut biosimetry program with a view towards international harmonization. Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 2015 November; 793: 101-106.
- 5- Beven, Holland, Sipes. Psychological Support for U.S. Astronauts on the International Space Station. Aviation, Space, and Environmental Medicine. 2008; 79(12): 1124.

می‌کند، می‌باشد. سانتریفیوژ طراحی شده توسط ناسا بر روی برد «ای اس اس» فرصت بی‌نظیری برای تحقیقات بیولوژی فضایی را در طول مواجهه طولانی مدت با میکروگراویته فراهم می‌کند. این تسهیلات یک آزمایشگاه یا پایگاهی را فراهم می‌کند که دارای گرانش 10^{-6} تا 10^{-7} جی است. همچنین این سانتریفیوژها چه در قفسه «اچ آراف_۲» و چه سامانه آزمایشگاهی بایولب ایستگاه فضایی بین‌المللی (سامانه ساخته شده توسط آژانس فضایی اروپا ایسا) با فریزر 80° - درجه سلسیوس و یخچال 4° درجه سلسیوس و یک فریزر کرایوژنیک و یک سیستم تشعشع سنج و نیز یک میکروسکوپ مشاهده و تشریح، تجهیز شده‌اند.



تصویر ۵- سانتریفیوژ یخچال‌دار

سانتریفیوژها و فریزرها دارای مکانیسم‌های تعدیل‌کننده اختصاصی هستند که تضمین می‌کنند میزان میکروگراویته کوجود در این دستگاه‌ها توسط انسان یا فعالیت ماشین تغییر نیابد. جهت اطمینان از عملکرد این سیستم تعدیل‌کننده، نمونه‌برداری دوره‌ای به طور اتوماتیک یا به وسیله‌ی خدمه ایستگاه فضایی انجام می‌شود. سیستم نمونه‌برداری این سانتریفیوژها به دقت طراحی شده تا از لرزش و نیروهای گرانشی ناخواسته تا حد امکان جلوگیری شود.

انکوباتور سامانه بایولب ایستگاه فضایی بین‌المللی

همچنین در کنار این سانتریفیوژها (در بخش قبل از آن یاد شد) از انکوباتورهای مناسب برای رشد سلول‌ها، ارگانیسم‌های ساده، گیاهان و حیوانات فراهم می‌شود. این واحدها توانایی حفظ و کنترل میکروبی، حیوانی، گیاهی و کشت‌های بافتی برای مدت ۳۰ روز را دارا می‌باشند. آکواریوم‌ها ارگانیسم‌های کوچکی مانند ماهی زبرا را برای مدت ۹۰ روز جهت انجام مطالعات بر روی تولید تخم در خود جای می‌دهد محل نگهداری حیوانات، ظرفیت حدود ۶ موش صحرائی یا یک دوجین موش را خواهد داشت. در این محل نگهداری حیوانات، امکان سکنی دادن به موش‌های حامله و فرزندان آنها از زمان تولد تا زمان از شیر گرفتن وجود خواهد داشت. واحد پرورش گیاهی نیز قادر به حمایت از نمونه‌های گیاهی با حدود ۸ سانتی‌متر طول (ریشه و ساقه)