

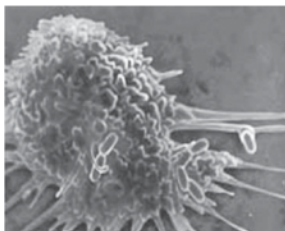
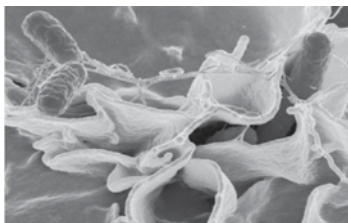
آزمایشگاه در فضا

آزمایشگاه فضایی در ایستگاه فضایی بین المللی (قسمت سوم)

در سفر به فضا اولین عامل بسیار محسوس، کمبود جاذبه است. فعالیت‌های روزانه در فضا بسیار متفاوت با زمین است. به طور مثال، برای نظافت دندان‌ها از غلطکی کوچک از جنس کتان استفاده می‌شود. بعد از استعمال، ویروس‌های موجود در بزاق روی آن جمع می‌شود. بزاق انسان حاوی ویروس‌هایی است که تعداد آنان در فضا بسیار بیش‌تر از زمین است.

همچنین شواهدی در دست است که نشان می‌دهد بیماری‌زایی برخی از میکروارگانیسم‌ها نیز در فضا تغییر می‌کند و به نظر می‌رسد که بعضی باکتری‌ها پس از رشد در شرایط میکرو گراویتی مهاجم‌تر می‌شوند.

تصویر ۲. باکتری سالمونلا (در تصویر با رنگ قرمز نشان داده شده است) در فضا با احتمال سه برابر بیش‌تر از روی زمین رشد می‌کند.



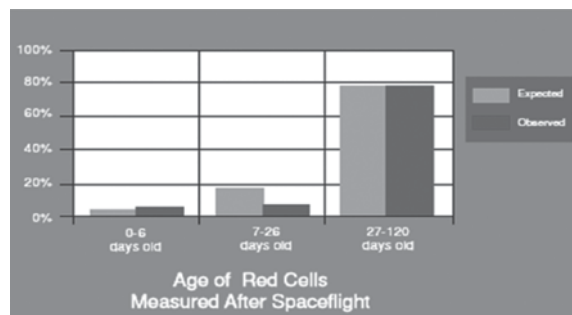
تصویر ۳. باکتری نامفید روی مری قرار گرفته را نشان می‌دهد.

بدن انسان به طور دائم مورد حمله انواع باکتری‌ها و ویروس‌ها قرار می‌گیرد. محل حضور بسیاری از آن‌ها روده است و از طریق هوا و یا استفاده از مواد خوراکی منتشر می‌شود. باکتری و ویروس‌های مضر توسط سیستم دفاعی بدن مهار می‌شوند و قبل از این که تعدادشان از کنترل خارج شود، به وسیله‌ی سیستم دفاعی بدن از بین می‌روند.

بسته‌های دارویی در فضا و جلوگیری از بین رفتن اثرات آن در ایستگاه فضایی بین المللی

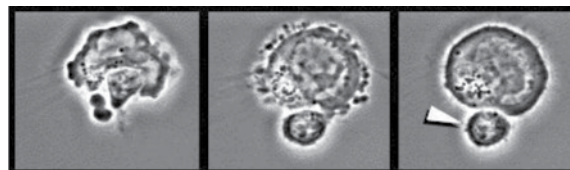
یکی از تغییراتی که در سیستم ایمنی و خون انسان در جاذبه کم رخ می‌دهد، تغییر شکل گلبول‌های قرمز خون است. گلبول قرمز بخش مهمی از خون را تشکیل می‌دهد. ۹۱ درصد از این گلبول‌ها به صورت قرص دو طرف گردند که هیچ سوراخی در آن‌ها نیست. در حالت بی‌وزنی بیش‌تر این گلبول‌ها تغییر شکل می‌یابند و به صورت یک شاه‌توت و یا به عبارتی به شکل کروی در می‌آیند و در نتیجه در مدت زمانی معین به راحتی شکسته می‌شوند. همچنین کلیه‌ها مایع اضافی را از بدن خارج می‌کنند، باعث کاهش ترشح اریتروپویتین، هورمونی که تولید گلبول‌های قرمز توسط سلول‌های مغز استخوان را تسریع می‌کند، می‌شود. کاهش تولید گلبول‌های قرمز باعث کاهش حجم پلاسما و در نتیجه هماتوکریت (درصد حجم خون بر اساس تعداد گلبول قرمز) می‌شود. با بازگشت به زمین سطح اریتروپویتین و تعداد گلبول‌های قرمز افزایش خواهد یافت.

خصوصیت کم‌خونی با کاهش تعداد گلبول‌های قرمز بعد از چهار روز اقامت در فضا به خوبی نمایان می‌شود. بعد از سه ماه اقامت در فضا بیماری کم‌خونی واضح‌تر می‌شود. که با بازگشت به زمین این مشکل رفع خواهد شد.



تصویر ۱. کاهش میزان گلبول قرمز با تقریب ۱۵ درصد در سفرهای فضایی کوتاه یا بلند مدت بازگشت به شرایط اولیه پس از اتمام سفر فضایی

انواع مختلفی از این سلول‌های دفاعی وجود دارد. سیستم دفاعی بدن شامل سلول‌هایی است که دائماً با بیماری و مرض مقابله نموده و در تمام بدن حرکت می‌نمایند. سیستم ایمنی نقش محافظت و مبارزه با سلول‌ها و میکروب‌های تخریب‌کننده را در بدن ایفا می‌کند. با این حال شرایط عملکردی این سیستم در فضا بسیار متفاوت است. در اواخر دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، محققان با بررسی خون فضانوردانی که حضور طولانی مدت و حتی کوتاه در فضا داشته و در مأموریت‌های آپولو، سایوز و اسکای‌لب فعالیت کرده بودند، متوجه افزایش تعداد نوعی از سلول‌های سفید و کاهش تعداد سلول‌های لنفوی خون شدند. سلول‌های لنفوی نوعی سلول سفید است که در گره‌های لنف بدن، طحال، غده تیموس، دیواره‌های روده و مغز استخوان وجود دارد. سلول‌های لنفوی از نوع تی و پادتن‌ها، باعث بالا بردن ایمنی بدن شده و به انواع سلول‌های کمک رسان، محافظ و از بین‌برنده تفکیک می‌شوند. سلول تی، سلولی که آنتی‌بادی را به منظور مهار میکروب می‌سازد و تمامی مهاجمان آسیب رسان را از بین می‌برد. سلول‌های تی شکل، که در واقع سربازان بدن هستند و به طور فیزیکی عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برند. تصویر زیر، سلول تی شکل را نشان می‌دهد که با وارد نمودن ضربه به ویروس آنفلوآنزا باعث از بین بردن آن شده است.



تصویر ۴. سلول‌هایی را نشان می‌دهد که با عوامل بیماری‌زا مبارزه کرده اند.

آزمایش روی خون فضانوردان کاهش تعداد سلول‌های مؤثر لنفوی و افزایش سلول‌های سفید خون را نشان داد. این تغییر باعث نقص در توزیع و پخش مایعات بدن از جمله خون و سبب تنش و حتی تغییر شکل در سلول‌های لنفوی می‌شود. برای مثال، استرس و تنش باعث آزاد شدن هورمونی می‌شود که در عملکرد سلول تی بسیار مؤثر است و منجر به کاهش فعالیت سیستم ایمنی می‌شود. بنابراین فضا که خود محیطی خشن و تنش‌زا است و علاوه بر آن، اعمال تنش‌های فیزیکی چون مرحله شروع پرتاب و بلند شدن از زمین، عبور از جو و قرارگیری در مدار و سپس بی‌وزنی و همچنین تنش‌های روحی- روانی سبب تحریک هورمون‌های ضد سیستم ایمنی می‌شوند. کاهش تعداد این سلول‌ها به خودی خود، باعث پدید آمدن مشکلات بسیاری می‌شود. دانشمندان توانسته‌اند بعضی فشارهای فیزیکی که باعث تغییر شکل سلول‌ها می‌شود را کنترل و مورد بررسی قرار دهند.

محققان در تحقیقاتی که روی چرخه سیستم ایمنی بدن انسان داشتند توانستند، هورمون‌هایی که این سیستم را کنترل می‌کند بشناسند و در تحقیقاتی پیلز را جداسازی و بررسی کنند. پیلز همان سلول‌های تی شکل است، در واقع آنتی‌بادی‌هایی هستند که کارشان حرکت در محیط و رفتن به محیط‌های آلوده است. به سختی می‌توانیم دو عدد توپ بولینگ را به سمت هم هل داده یا با هم ادغام کنیم. ولی سلول‌های پیلز بنا بر گفته‌های دانشمندان طی نیروی جاذبه به راحتی این کار را انجام می‌دهند که این عمل خود باعث بالا بردن توانایی آن‌ها در مبارزه با عوامل بیماری‌زا است. دانشمندان توانستند تأثیرات جاذبه را روی سلول‌های ایمنی مورد بررسی قرار دهند. در طول دوره زیستی پیلز، در طی تحقیقات این سلول‌ها در هر ۱۵ دقیقه تغییر شکل می‌دهند. سلول‌های تی شکل برای تهاجم به عوامل بیماری‌زا تغییر شکل می‌دهند، شکل این سلول‌ها بر اساس هر موقعیت تغییر می‌کند. در طی این تحقیقات معلوم شد سلول‌های توپی شکل، پیلز سلول‌های مثل خود را پیدا کرده و به هم می‌چسبند و این کلونی سلول‌ها، توانایی بیشتری برای یک سری فعل و انفعالات از قبیل کاهش عوامل بیماری‌زا را دارند.

نقش مهم جاذبه زمین بر روی سلول‌ها، تغییر شکل آن‌هاست که باید کنترل شود. اما این فشارها در هر مکان و زمان یا توسط هر شخصی می‌تواند به وجود بیاید که البته به دلیل نبودن جاذبه در فضا این نکته‌ها در مورد فضانوردان صدق نمی‌کند.

دانشمندان نیاز دارند که به اطلاعات جامع‌تری درباره‌ی سرکوب سیستم ایمنی و اثرات مواجهه با فضا بر روی باکتری‌ها دست یابند تا بتوانند فضانوردان را سالم‌تر و به مدت طولانی‌تر در فضا نگاه دارند. در این راستا، برای پی بردن به این‌که آیا پاسخ‌های ایمنی ذاتی در فضا سرکوب می‌شوند، می‌توان سیستم ایمنی دروسوفیلا را به عنوان یک میکروارگانیسم مناسب برای مطالعات فضایی مورد مطالعه قرار داد.

تجویز دارو برای فضانوردان

از آن‌جا که مکانیسم دقیق بیماری فضا که شکل ویژه‌ای از بیماری حرکت است به طور کامل شناخته شده نیست، جای تعجب هم نخواهد بود که داروهای پیشگیری تجویز شود. داروهای تجویز شده فراوانند، حال این‌که تعدادی محدود از آن‌ها مؤثر واقع شده بود. آثار جانبی نامطلوب این داروها کاربرد دارو را محدود کرده است. آنتی‌هیستامین‌ها (پرومتازین و دیمن هیدرینات) و پاراسمپاتولی‌تیک (هیوسین) را که همگی تضعف دستگاه مرکزی اعصاب هستند، می‌توان در مسافرت با هواپیما تجویز کرد، ولی برای سرنشینان سفینه فضایی قابل توصیه نیست.

ال-هیوسین هیدروچیروید با دوز ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌گرم ظرف نیم تا یک ساعت اثر می‌کند که مدت تأثیر آن تا چهار ساعت است. پرومتازین (۲۰ میلی‌گرم خوراکی) و مکلیزین (۵۰۰ میلی‌گرم خوراکی) ظرف یک تا دو ساعت اثر می‌کند و دوام تأثیر آن دوازده ساعت یا طولانی‌تر است. دیمن هیدرینات (۵۰ گرم خوراکی) و سیکلیزین (۵۰ میلی‌گرم خوراکی) مانند پرومتازین جذب می‌شوند و تأثیر کوتاه مدت‌تری دارند. پ-آمفتامین و افدرین تحمل فردی را افزایش می‌دهد و می‌توان آن را با ال-هیوسین به طور ترکیبی به‌کار برد (گفته می‌شود این دو دارو عملکرد همدیگر را تقویت و از آثار و عوارض جانبی منگی و گیجی جلوگیری می‌کنند). فضاوردان اسکای‌لب ۲ و ۳ کپسول حاوی ال-اسکوپولامین به میزان ۰/۳۵ میلی‌گرم، دی-آمفتامین به میزان ۵ میلی‌گرم با خود همراه داشتند. سرنشینان اسکای‌لب ۴ علاوه بر این دارو، داروی ترکیبی ۲۵ میلی‌گرم پرومتازین، ۵۰ میلی‌گرم سولفات افدرین با خود حمل می‌کردند که در شرایط تجربی مؤثر بوده است. داروی اخیر آستانه تحریک را بالا می‌برد و در جلوگیری بسیاری از علائم و عوارض ناخواسته ناشی از حرکت فرد و محیط مؤثر واقع می‌شود.



تصویر ۵. بسته‌بندی داروها در فضا

محققان در مرکز فضایی جانسون دریافتند که تأثیر داروها در فضا به سرعت کاهش پیدا می‌کند. از این رو فضاوردان نمی‌توانند برای تسکین سردرد یا درمان عفونت یا خیلی از آزمایشات از داروها استفاده کنند. از سویی دیگر مأموریت‌های فضایی طولانی‌تر نیاز به استفاده از داروها را در فضا افزایش می‌دهد.

داروها بر روی زمین معمولاً به گونه‌ای تولید می‌شوند که برای چند سال بتوان آن‌ها را ذخیره کرد. این داروها معمولاً باید در شرایط دقیقی نگهداری شود. برای مثال، باید از تابش مستقیم نور خورشید و در مکانی خنک و خشک نگهداری شود. محققان بررسی کردند که آیا محیط خاص فضا، تشعشعات کیهانی، ارتعاشات زیاد، خلاء، وجود محیطی مملو از دی‌اکسیدکربن و تغییرات شدید در رطوبت و حرارت می‌تواند بر روی خواص درمانی داروها تأثیری داشته باشد؟ از این رو چهار جعبه حاوی

۳۵ داروی مختلف به ایستگاه فضایی بین‌المللی انتقال داده شدند. چهار جعبه داروی مشابه نیز در مرکز فضایی جانسون نگهداری شدند تا پس از بازگشتن داروهای مورد آزمایش به عنوان مقیاسی برای مقایسه مورد استفاده قرار گیرند. داروهای فضاورد پس از طی کردن مدت زمان‌های مختلف به زمین بازگشتند، یکی از این جعبه‌ها پس از ۱۳ روز و دیگری پس از ۲۸ ماه از ایستگاه به زمین فرستاده شد. نتایج بررسی‌های داروهای از فضا بازگشته نشان داد که برخی از فرمول‌بندی‌های داروها پس از ذخیره‌سازی آن‌ها در فضا قدرت خود را از دست داده‌اند و بسیاری از آن‌ها تطابق خود را با قواعد داروسازی ایالات متحده آمریکا از دست داده بودند و از آن‌جایی که بسیاری از این داروها پیش از سر رسیدن تاریخ انقضای حک شده بر روی بسته بندی، قدرت درمانی خود را از دست داده بودند، محققان نتیجه گرفتند شرایط حاکم به فضای خارج از جو زمین منجر به بروز این تغییرات شده است. به گفته محققان تشعشعات کیهانی متناسب با دوز داروها بر روی آن‌ها تأثیرات متفاوتی می‌گذارند و ممتد بودن تشعشعات کیهانی در فضاپیماها، می‌تواند عامل اصلی این رویداد به شمار رود. یکی دیگر از عوامل تغییرات این داروها در فضا، قرارگیری آن‌ها در محیطی مملو از دی‌اکسیدکربن است. محیطی که می‌تواند سرعت فساد در داروهایی که در خطر اکسید شدن قرار دارند، از قبیل آدرنالین، ویتامین سی و ویتامین آ را کاهش دهد. افزون بر این‌ها، میزان جذب داروهای خوراکی ممکن است به علت تغییرات تطابقی بدن، مانند شیف‌ت مایعات به بالا یا تغییر عملکرد سیستم گوارش در میکروگروایته، تغییر باید (در قسمت های بعد به آن خواهیم پرداخت). در نتیجه، محققان به فکر ساخت بسته‌های ویژه‌ای برای نگهداری داروها در فضا هستند؛ به طوری که قادر باشد داروها را از محیط پر اشعه و مملو از دی‌اکسیدکربن حفظ کند و موجب پایداری خواص آن گردد. در این زمینه تحقیقات همچنان ادامه دارد.

دستگاه تجزیه و تحلیل ایمونو-بیوشیمیایی

به منظور نظارت بر سلامت فضاوردان و انجام آزمایش‌های فیزیولوژی انسانی در فضا، این وسیله برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نمونه‌های خون، ادرار و بزاق از خدمه لازم است. هنگام بازگشت به زمین، این نمونه‌ها تحریب می‌شوند، ولی در هر صورت، برای نظارت بر سلامتی مفید است.

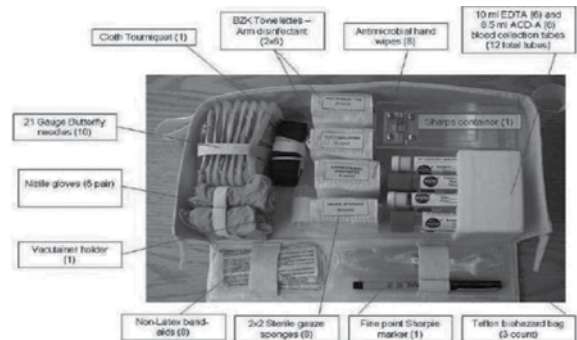
اگر هیچ وسیله تجزیه و تحلیل خون در ایستگاه فضایی بین‌المللی نباشد، نمونه خون در شرایط کنترل شده در فریزر ذخیره می‌شود و برای تجزیه و تحلیل پس از اتمام مأموریت به آزمایشگاه زمین باز گردانده می‌شود.

نمایش نتیجه از نمونه‌های جمع‌آوری شده در مدت زمان طولانی (تا شش ماه) می‌تواند موجب تخریب بیوشیمیایی نمونه‌های جمع‌آوری شده شود و این امر منجر به خطاهای اندازه‌گیری، در آزمایشات تجزیه و تحلیل نمونه پس از پرواز می‌شود.

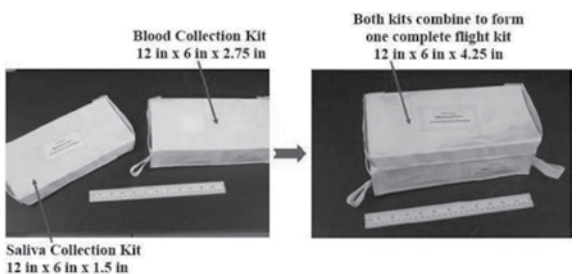
در حال حاضر، هدف از فعالیت‌های دستگاه تجزیه و تحلیل ایمنو بیوشیمیایی، بررسی مفاهیمی برای خودکار کردن، سیستم تجزیه و تحلیل شیمیایی زیستی و ایمنی، با استفاده از نمونه و معرف حجم بسیار کوچک، کم‌تر از یک میلی‌لیتر برای دوازده پارامتر، در ایستگاه فضایی است. در تصاویر زیر بخشی از این دستگاه‌ها و ابزارها را مشاهده می‌کنید.



تصویر ۶. دستگاه تجزیه و تحلیل خون



تصویر ۷. کیت جمع‌آوری ایمنی خون



تصویر ۸. ابعاد کیت جامع ایمنی بزاق و خون

به آرامی خود را با شرایط جدید هماهنگ می‌کنند. سیستم‌های اخیر معمولاً دچار مشکل می‌شوند و علت آن هم عدم تطابق مناسب در سیستم کنترل هورمونی آن‌هاست. در انسان و حیوان، میزان مصرف انرژی در فضا نسبت به زندگی روی زمین کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی، بر اثر ایجاد تغییرات فیزیولوژیک بدن؛ جذب، متابولیسم و انتشار داروها نیز تغییر می‌کند. بررسی تولید مثل در موش و انسان نشان داده است که در جنس مذکر سطح خونی هورمون تستوسترون در طول سفرهای فضایی یا شرایط شبیه‌سازی شده کاهش می‌یابد، ولی مشخص نشده است که این کاهش می‌تواند باعث ناباروری شود یا خیر. امروزه دانشمندان، تغییر سطح هورمون‌ها نظیر انسولین، کورتیزول و هورمون رشد را در کاهش توده عضلانی مؤثر می‌دانند. میزان دمای بدن در فضا کاهش می‌یابد و ریتم شبانه‌روزی کورتیزول ادرار با برنامه خواب و بیداری هم‌خوانی ندارد. در ضمن کیفیت خواب هم تنزل می‌یابد. میزان پاسخ سیستم اسکلتی در فضا ممکن است با فاکتور جنس ارتباط داشته باشد.

واقعیت بسیار مهمی که در مأموریت‌های فضایی اتفاق می‌افتد، کم‌کاری غده تیروئید و کاهش هورمون تیروکسین است. البته هورمون تیروکسین تقریباً بر تمام ارگان‌های بدن تأثیر می‌گذارد و فعالیت سوخت و ساز سلولی آن‌ها را تنظیم می‌کند. بدیهی است که اختلال در ترشح هورمون تمام بدن را تحت تأثیر قرار خواهد داد. دانشمندان در حال تحقیقات بر روی تأثیر بی‌وزنی بر روی هورمون‌ها، غده تیروئید و آثار آن‌ها روی چاقی یا لاغری فضانوردان هستند.

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 biodosimetry 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.

هورمون‌شناسی

سیستم‌هایی مانند قلب و عروق، تعادل و خون به سرعت در برابر تغییرات شرایط فضا در فضانوردان واکنش نشان می‌دهند، ولی سیستم‌هایی نظیر عضلات، استخوان‌ها و سیستم تعادل انرژی