

RICERCHE SCIENTIFICHE SULLA ISS NEL 2021

L'impatto delle ricerche sulla microgravità condotte sulla Stazione spaziale continua a crescere: nell'ultimo anno sono stati pubblicati oltre 400 articoli scientifici basati su studi avvenuti a bordo del laboratorio orbitante. Ve ne presentiamo alcuni, da quelli sulle cellule staminali cardiache ai materiali particolarmente schermanti, sulle vene e sulle ossa degli astronauti, sul biomining, sulla propagazione del fuoco, sugli effetti luminosi transitori e sui lampi gamma terrestri. Da MEDIA INAF del 31 dicembre 2021 riprendiamo, con autorizzazione, un articolo di Maura Sandri, intitolato "Cosa abbiamo imparato sulla Iss nel 2021".

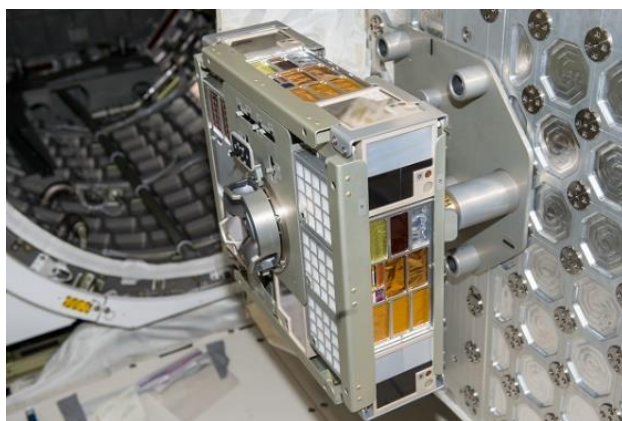
Tempo di bilanci anche per la Stazione spaziale internazionale (Iss), che a circa 400 chilometri dalla superficie terrestre continua a ospitare astronauti dal 2000. Proprio così: chi ha compiuto 21 anni non ha passato un solo giorno della sua vita senza avere qualcuno in orbita sopra alla sua testa. Gli studi che si effettuano sulla Iss coprono molteplici discipline e l'impatto della ricerca in microgravità continua a crescere, senza sosta. I mesi tra novembre 2020 e novembre 2021 hanno visto la pubblicazione di **oltre 400 articoli scientifici** basati su studi condotti a bordo del laboratorio orbitante. Ve ne proponiamo alcuni.



L'astronauta della Nasa Peggy Whitson conduce le operazioni per lo studio sulle cellule staminali cardiache. Crediti: Nasa

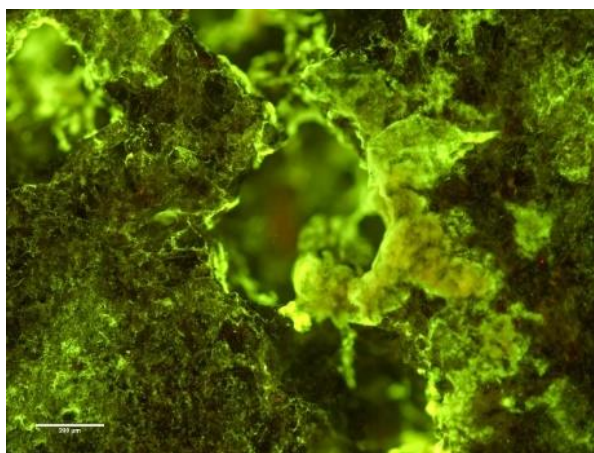
Il progetto **Cardiac Stem Cells** della Nasa ha approfondito il modo in cui la microgravità influisce sulle cellule staminali cardiache e sui cambiamenti fisici e molecolari che regolano la loro attività. Sulla terra, le cellule staminali cardiovascolari possono dividersi continuamente per produrre più cellule dello stesso tipo o svilupparsi in altri tipi di cellule specializzate. Nei neonati, queste cellule si sviluppano in una maggiore varietà di tipi di cellule cardiovascolari e producono un numero più alto di cellule rispetto alle stesse cellule del cuore adulto. Questa capacità suggerisce che le cellule cardiache neonatali abbiano il potenziale per essere utilizzate per riparare e sostituire i tessuti cardiaci usurati o danneggiati. Secondo un recente studio pubblicato sull'*International Journal of Molecular Sciences*, **il volo spaziale conferisce alle cellule adulte e neonatali più "staminalità"**, che può migliorare la loro rigenerazione, sopravvivenza e proliferazione. Capire come innescare questa maggiore staminalità potrebbe avere enormi benefici

nel campo della medicina rigenerativa, che utilizza cellule staminali e l'ingegneria dei tessuti per far ricrescere, riparare o sostituire cellule, organi e tessuti danneggiati o malati.



Questa immagine mostra ExHam collegato al tavolo scorrevole del modulo sperimentale giapponese Airlock (Jemal), utilizzato per spostare la struttura all'esterno della stazione spaziale. I campioni di materiale sono visibili ai lati della struttura. Crediti: Nasa

ExHam-Radiation Shielding della Jaxa ha valutato come l'ambiente spaziale influenzi i materiali che potrebbero essere utilizzati per schermare i futuri veicoli spaziali dai raggi cosmici e da altri tipi di radiazioni ionizzanti. In particolare, i ricercatori hanno scoperto che l'aggiunta del minerale colemanite (un tipo di borace che si forma quando le acque alcaline evaporano) a un polimero **riduce la quantità di radiazioni assorbite** dal materiale stesso. I campioni esposti alle radiazioni spaziali non hanno mostrato differenze significative rispetto a quelli che non sono stati sottoposti a queste dure condizioni. Il composto potrebbe fornire una migliore protezione dalle radiazioni per tecnologie satellitari, le stazioni in orbita terrestre bassa e gli aerei ad alta quota, oltre che avere potenziali applicazioni anche in ambienti difficili sulla Terra.



Questa immagine preflight mostra un biofilm di un microbo, lo *Spingomonas desiccabilis*, che cresce sopra e dentro la superficie di basalto per l'esperimento Biorock, che ha esaminato gli effetti della gravità alterata sulle interazioni tra roccia, microbi e liquido. Crediti: Esa

L'industria dell'elettronica e della produzione di leghe utilizza i microrganismi per estrarre dalle rocce elementi economicamente rilevanti. I risultati di **Biorock** dell'Esa suggeriscono che questa tecnica, nota come *biomining*, potrebbe essere altrettanto o addirittura più efficace sulla Luna e su Marte di quanto lo sia sulla Terra. L'indagine ha infatti dimostrato che i microbi possono estrarre terre rare dal basalto, comune sia sulla Luna che su Marte, nello spazio. In particolare, in un recente articolo è riportato che i microbi possono avere **prestazioni ancora migliori in condizioni di microgravità**, riportando un aumento fino al 283 per cento nella bioestrazione del vanadio sulla Stazione spaziale.



Gli astronauti della Nasa Anne McClain e Serena Auñón-Chancellor durante le operazioni per l'esperimento Mics, che ha studiato la solidificazione del cemento in microgravità. Crediti: Nasa

Gli esseri umani che andranno sulla Luna o su Marte per restarci, dovranno essere in grado di costruire luoghi sicuri in cui vivere e lavorare. Il calcestruzzo, il materiale da costruzione più utilizzato sulla Terra, è abbastanza forte e durevole da fornire protezione dalle radiazioni cosmiche e dai meteoriti, e potrebbe essere possibile realizzarlo utilizzando i materiali disponibili su questi corpi celesti. L'indagine **Mics** ha miscelato polveri di cemento con vari additivi e quantità di acqua per esaminare la chimica e le strutture microscopiche coinvolte nel processo di solidificazione e determinare se i cambiamenti di gravità potrebbero influenzarlo. Un articolo pubblicato sulla rivista *Construction and Building Materials* riporta i risultati di alcuni di questi test, che potrebbero contribuire allo sviluppo di **nuovi materiali per la costruzione di habitat extraterrestri**. Obiettivo analogo per **Redwire Regolith Print**, un'altra indagine attualmente in corso sulla Iss, che testa l'utilizzo di un materiale che simula la regolite per creare oggetti tramite la stampa 3D con la *Made In Space Additive Manufacturing Facility* della stazione.



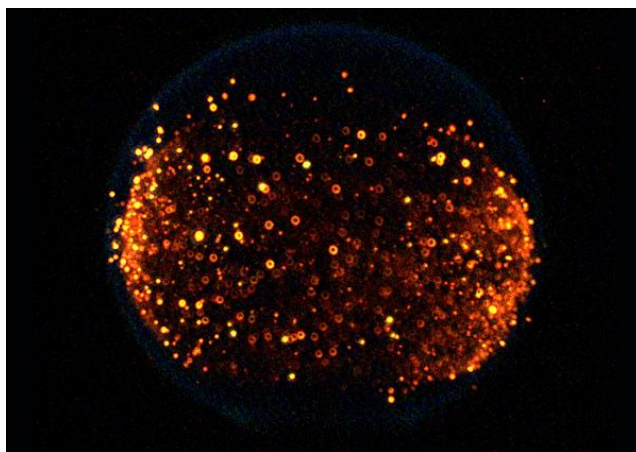
L'unità di Roscosmos utilizzata per l'indagine Cardio-Odnt sulla salute delle vene delle gambe. Misure pletismografiche di variazioni di volume in aree specifiche del corpo, compresi i vasi sanguigni. Crediti: Nasa

Cardio-Odnt, un'indagine dell'agenzia spaziale russa Roscosmos, ha esaminato la salute delle vene delle gambe nei membri dell'equipaggio in due missioni di volo spaziale di sei mesi. Precedenti studi avevano dimostrato che la struttura delle vene può cambiare poco dopo l'arrivo sulla Stazione spaziale, principalmente dai fianchi in giù. I risultati pubblicati mostrano che la partecipazione a due missioni non ha peggiorato la salute delle vene delle gambe fintanto che i membri dell'equipaggio hanno avuto un tempo considerevole tra i voli e una buona salute muscolare negli arti inferiori. Tali risultati suggeriscono anche che l'esercizio fisico potrebbe fornire una contromisura efficace per i problemi cardiovascolari legati allo spazio.



Raccolta preliminare dei dati sulla densità ossea dell'astronauta canadese David Saint-Jacques per lo studio TBone. Crediti: Nasa

I voli spaziali di lunga durata rappresentano un rischio anche per la salute delle ossa dei membri dell'equipaggio, in particolare di quelle portanti. I ricercatori di **Biochem** della Nasa e l'indagine **TBone** dell'Agenzia spaziale canadese (Csa) hanno esaminato i cambiamenti nella microarchitettura, la densità e la forza delle ossa nella parte inferiore della gamba e del braccio durante il volo spaziale e le relazioni tra la durata della missione, i marcatori biochimici associati al riassorbimento e alla formazione ossea, e l'**esercizio fisico**. Le loro scoperte, pubblicate sul *British Journal of Sports Medicine*, suggeriscono che la perdita ossea in alcuni astronauti potrebbe essere prevista da alcuni biomarcatori in analisi *preflight*. Questi risultati hanno anche rilevanza per comprendere come l'esercizio influenzi la perdita ossea sulla Terra, come quella causata da un carico meccanico ridotto a causa di lesioni, disuso o malattie.



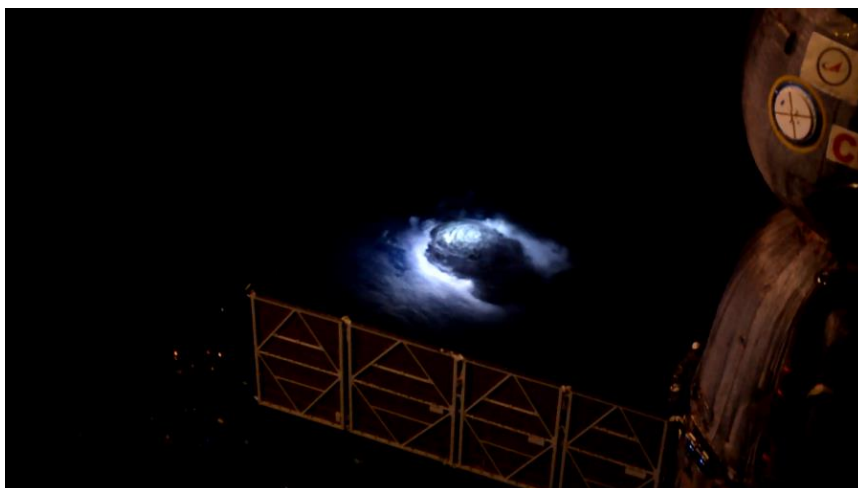
Una fiamma accesa per Flame Design. Le macchie gialle sono ammassi di fuliggine che si illuminano quando sono caldi e diventano più grandi in condizioni di microgravità rispetto a quanto accada sulla Terra, perché la fuliggine rimane più a lungo all'interno della fiamma. Crediti: Nasa

Flame Design, parte del progetto *Advanced Combustion via Microgravity Experiments* (Acme), studia la **produzione e il controllo della fuliggine**. Poiché la fuliggine può influire negativamente sull'efficienza e sulle emissioni delle fiamme e sulla durata delle apparecchiature, i risultati potrebbero portare a progetti di bruciatori più efficienti e più puliti. L'esperimento è condotto con fiamme sferiche di combustibili gassosi nel *Combustion Integrated Rack* (Cir). I ricercatori hanno riportato una serie di osservazioni in un articolo pubblicato su *Combustion and Flame Journal*, che migliorano la comprensione del comportamento del fuoco e potrebbero aiutare a mantenere le persone più al sicuro nei veicoli spaziali e sulla Terra.



Il telescopio Mini-Euso durante il montaggio. Crediti: Jem-Euso

Mini-Euso di Roscosmos-Asi sta producendo dati con potenziali applicazioni per rispondere a domande su effetti climatici, inquinamento marino, disturbi geomagnetici, detriti spaziali e meteore. Si tratta di un telescopio multiuso progettato per funzionare di notte e fa parte di Jem-Euso, un programma più ampio che coinvolge circa 300 scienziati provenienti da 16 paesi che lavorano per migliorare l'osservazione dei raggi cosmici. Il telescopio osserva fenomeni atmosferici come eventi luminosi transitori (*Transient Luminous Events, Tle*), meteore, Strange Quark Matter (Sqm) e sciame di raggi cosmici. Potrebbe costituire un primo passo verso la mappatura dei detriti spaziali per una potenziale rimozione tramite laser e supporta la creazione di una mappa dinamica delle emissioni ultraviolette notturne dalla Terra. In un articolo pubblicato su *The Astrophysical Journal* viene riportato che nei suoi sei mesi di operatività, Mini-Euso ha funzionato come previsto, misurando le variazioni del bagliore atmosferico e delle emissioni ultraviolette dalla Terra e tracciando detriti spaziali e raggi cosmici ad altissima energia.



Temporale visto dalla Stazione spaziale internazionale. Crediti: Esa/Nasa

Infine, **Asim** dell'Esa – una struttura osservativa all'esterno della stazione spaziale che viene utilizzata per studiare i forti temporali e il loro ruolo nell'atmosfera e nel clima della Terra – ha rivelato il meccanismo alla base della creazione dei lampi luminosi e ha aiutato i ricercatori a determinare la sequenza di eventi che produce i lampi gamma terrestri (*Terrestrial Gamma-ray Flash, Tgf*). I risultati sono stati pubblicati su *Nature*. Aiutando gli scienziati a comprendere come i temporali influenzano l'atmosfera terrestre, Asim contribuisce a migliorare i modelli atmosferici e le previsioni meteorologiche e climatologiche.

Maura Sandri

<https://www.media.inaf.it/2021/12/31/iss-bilancio-2021/>



ESPERIMENTI IN ORBITA BASSA PER LA MEDICINA RIGENERATIVA

Produzione di cellule staminali, sviluppo di modelli avanzati di malattie ed espansione delle capacità di stampa 3D sono le tre applicazioni prese in esame dagli scienziati del Cedars-Sinai Medical Center, che intendono sfruttare lo spazio per far progredire la medicina e la comprensione degli effetti della microgravità, potenzialmente in grado di facilitare la produzione di cellule staminali. Da MEDIA INAF del 30 dicembre 2021 riprendiamo, con autorizzazione, un articolo di Gloria Nobile, intitolato “Curarsi a gravità zero”.



Esempi di ricerche sulle cellule staminali condotte a bordo della Stazione spaziale dalle astronave Kate Rubins (a sinistra, in alto e in basso), Jessica Meir (in alto a destra) e Christina Koch (in basso a destra). Crediti: Nasa

Se in assenza di peso gli astronauti a bordo della Stazione spaziale fluttuano e si sottopongono a rigorosi esercizi fisici per prevenire la perdita di massa muscolare e la demineralizzazione delle ossa, in ambito medico la microgravità potrebbe facilitare la rapida produzione di grandi quantità di cellule staminali. Secondo uno studio sullo sfruttamento della microgravità per applicazioni mediche guidato dal Cedars-Sinai Medical Center, in California, e pubblicato sulla rivista *Stem cell reports*, nello spazio una tale condizione potrebbe essere il segreto per la produzione di massa di cellule staminali. Proprio la bioproduzione – in particolare la produzione di cellule staminali avvalendosi di materiali biologici, per esempio microbi, per fabbricare sostanze e biomateriali adatti ad applicazioni precliniche, cliniche e terapeutiche – risulterebbe più efficiente se condotta in condizioni di microgravità. «Stiamo scoprendo che il volo spaziale e la microgravità offrono condizioni favorevoli per la bioproduzione», spiega il primo autore dello studio, **Arun Sharma**, del Cedars-Sinai, «perché conferiscono una serie di proprietà molto speciali ai tessuti e ai processi biologici che possono aiutare la produzione di massa di cellule o altri prodotti in un modo non replicabile sulla Terra. Negli ultimi due decenni abbiamo assistito a notevoli avanzamenti nella medicina rigenerativa, e a progressi esponenziali nelle tecnologie spaziali che hanno aperto nuove opportunità di accesso e commercializzazione dello spazio».

Tra le opportunità individuate dalla ricerca del Cedars-Sinai, le principali riguardano la messa a punto di modelli avanzati di malattie, l'espansione delle capacità di stampa 3D e la produzione di massa di cellule staminali.

Ma andiamo con ordine. Quando il corpo è esposto a condizioni di bassa gravità per lunghi periodi di tempo, subisce cambiamenti che possono tradursi in decondizionamento vascolare, atrofia, perdita ossea e disfunzione immunitaria, riproducendo gli esiti di malattie croniche e dell'invecchiamento, ma a un ritmo accelerato. Effetti che per manifestarsi sulla Terra possono richiedere anni, mentre in condizioni di microgravità possono evolvere in poche settimane. Sviluppando modelli di malattia basati su questi processi è possibile studiarne i meccanismi, nonché la progressione della malattia con i possibili trattamenti. Come? Replicando strutture pienamente funzionali attraverso cellule staminali, organoidi – strutture 3D in miniatura cresciute da cellule staminali che somigliano a tessuti umani – o altri tessuti. «Oltre ad aiutare gli astronauti», aggiunge Sharma, «questo lavoro può anche portarci a produrre ossa o strutture muscolo-scheletriche utilizzabili per malattie come l'osteoporosi e altre forme di invecchiamento osseo accelerato, o atrofia muscolare, alle quali le persone vanno soggette qui sulla Terra».

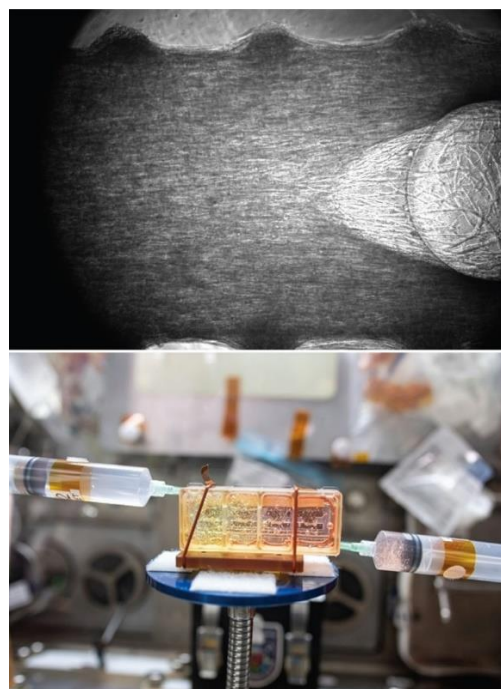
Una seconda opportunità presa in esame è la stampa 3D come tecnologia di bioproduzione, utilizzando appunto processi di fabbricazione per produrre biomateriali come tessuti e organi. Uno fra i principali problemi della produzione di questi materiali sulla Terra ha a che fare con la densità indotta dalla gravità, che rende difficile l'espansione e la crescita delle cellule. Nello spazio, in assenza di gravità, gli scienziati sperano di poter utilizzare le tecnologie di *3D bioprinting* per stampare forme e prodotti unici, come organoidi o tessuti cardiaci.

La terza opportunità, infine, riguarda direttamente la produzione di cellule staminali e, conseguentemente, la comprensione del modo in cui la microgravità influenza alcune delle loro proprietà fondamentali, come la potenza, ovvero la capacità di una cellula staminale di differenziarsi in altri tipi di cellule. Comprendere alcuni degli effetti del volo spaziale sulle cellule staminali potrebbe portare a migliorare e incrementare il numero di cellule prodotte in assenza di gravità. Per verificare se ciò sarà davvero possibile, all'inizio del prossimo anno gli scienziati di Cedars-Sinai – in collaborazione con la Nasa e l'industria aeronautica e aerospaziale privata Space Tango – invieranno cellule staminali sulla Stazione spaziale.

Gloria Nobile

<https://www.media.inaf.it/2021/12/30/cellule-staminali-microgravita/>

Arun Sharma, Rachel A. Clemens, Orquidea Garcia, D. Lansing Taylor, Nicole L. Wagner, Kelly A. Shepard, Anjali Gupta, Siobhan Malany, Alan J. Grodzinsky, Mary Kearns-Jonker, Devin B. Mair, Deok-Ho Kim, Michael S. Roberts, Jeanne F. Loring, Jianying Hu, Lara E. Warren, Sven Eenmaa, Joe Bozada, Eric Paljug, Mark Roth, Donald P. Taylor, Gary Rodrigue, Patrick Cantini, Amelia W. Smith, Marc A. Giulianotti e William R. Wagner, "Bio manufacturing in Low Earth Orbit for Regenerative Medicine", *Stem Cell Reports*, Published: December 30, 2021.



In alto: tessuto muscolare scheletrico ingegnerizzato (crediti: Siobhan Malany e Space Tango).

In basso: tessuto cardiaco ingegnerizzato, trattato da un astronauta della Nasa (fuori cornice) nell'ambito di un progetto guidato da Joseph Wu alla Stanford University in collaborazione con BioServe Space Technologies (crediti: Joseph Wu e Nasa)