

Nel ripercorrere con il pensiero le tre opportunità avute a bordo della Stazione Spaziale Internazionale ritrovo quel misto di entusiasmo e di disagio che caratterizza la vita a bordo del nostro avamposto tecnologico. La mente si nutre dell'entusiasmante consapevolezza di essere stata parte d'un tendere al progresso, ma il fisico riporta lo slancio emotivo ad una realtà tutt'altro che semplice. La condizione di galleggiamento, la microgravità, non è una condizione naturale per la fisiologia umana ma proprio questo aspetto rende la Stazione Spaziale una grande opportunità per la ricerca biomedica. Tra le altre cose, andare nello Spazio è certamente un'esperienza straordinaria per moltissimi aspetti e uno di questi è che si è messi di fronte a sfide nuove e spesso lontane dalla propria formazione. L'astronauta ha, tra gli altri, il compito di eseguire e controllare esperimenti selezionati per essere sottoposti a condizioni completamente diverse da quelle terrestri. E' il caso, ad esempio, degli esperimenti di biomedicina. Quello che accade al proprio corpo è incredibile e, sebbene preparato a questo, colpisce e affascina la sua trasformazione. Ma cosa avviene dentro di noi? Quale è l'effetto sui tessuti e le cellule del nostro organismo? E cosa si determina a livello molecolare? E infine, e soprattutto, potremmo davvero vivere al di fuori del nostro pianeta adattandoci in un altro lontano dal nostro? La Stazione Spaziale Internazionale è il più grande laboratorio di ricerca mai costruito al di fuori dell'atmosfera, e uno dei campi che potranno principalmente beneficiare dell'opportunità è proprio la ricerca medica, in tutti i suoi variegati aspetti.

Roberto Vittori

Missione Marco Polo (2002)

Missione Eneide (2005)

Missione STS-134 (2011)

Foto: Cellula staminale neurale. Credits: Google

Cellule e Spazio

Introduzione alla Biologia Spaziale

"Penso alla ciclicità delle mie molecole, pronte a sopravvivermi, a ritornare in circolo girovagando per l'atmosfera e non provo tristezza. Ci sono stata, qualcuno si ricorderà di me e se così non fosse, non importa".

(Margherita Hack)

E' noto che fattori ambientali, chimici e fisici, sono in grado di modulare alcune funzioni vitali dell'organismo. Durante il volo spaziale l'assenza dello stimolo gravitazionale, con il quale si sono sviluppati gli organismi sulla Terra, altera l'equilibrio dei processi fisiologici. Oltre alla gravità vi sono tuttavia altri importanti fattori che devono essere necessariamente considerati e tra questi le radiazioni cosmiche assumono un ruolo di grande rilievo anche e soprattutto in considerazione dei programmi di esplorazione umana dello Spazio. Lo stress psico-fisico inoltre è potenzialmente responsabile di modificazioni endocrine che possono alterare l'attività cellulare. In tutti gli organismi lo scambio di informazioni tra cellule modula la loro funzione. Negli organismi multicellulari questa situazione è particolarmente complessa a causa dei diversi tipi cellulari e delle loro reciproche interazioni. Per questo motivo, sperimentalmente, si tende a considerare un singolo tipo cellulare come modello rappresentativo per lo studio dei meccanismi coinvolti

nei processi vitali. Questo approccio può essere più adeguato per comprendere le varie componenti in gioco. L'uso di colture cellulari che simulano un tessuto o un organo semplifica la comprensione dei processi fisiologici e/o patologici indotti dall'ambiente spaziale negli esseri viventi. La Biologia Spaziale non solo cerca di aiutare ad acquisire nuove conoscenze sulla funzionalità dell'essere vivente e sulla nostra capacità di vivere e lavorare nello Spazio ma esplora anche questioni fondamentali sul ruolo della gravità nel processo di formazione, evoluzione, sviluppo e invecchiamento della vita sulla Terra. La Biologia Spaziale ha dunque l'obiettivo di utilizzare questo ambiente quale strumento per la comprensione dell'influenza della gravità nei processi biologici fondamentali focalizzando l'attenzione su cellule e su piccoli organismi, animali e vegetali. La Medicina Spaziale guarda invece all'uomo, alle modificazioni fisiologiche che si riscontrano nel volo spaziale e allo sviluppo di possibili mezzi atti a contrastarle.

Foto: cellule staminali cardiache murine in condizioni di microgravità: alfa-tubulina 1 (verde). Nuclei (blu). Ingrandimento x200. Credits: P. Di Nardo, Università degli studi di Roma Tor Vergata

Perché inviare cellule, animali e piante nello Spazio?

La finalità dell'esplorazione umana dello Spazio è quella, come accennato nel relativo capitolo, di rendere possibile il raggiungimento di altri mondi e l'eventuale realizzazione di insediamenti umani. Questo presuppone la comprensione delle modificazioni che avvengono a carico dell'essere umano, o meglio dell'organismo vivente, e di come questo possa adattarsi a un ambiente diverso da quello da cui proveniamo. La sperimentazione nello Spazio è particolarmente complicata, dispendiosa e limitata non solo dalle condizioni ambientali ma anche dagli spazi a disposizione, dal numero degli operatori da impiegare (astronauti/cosmonauti), dalla strumentazione disponibile, dalle opportunità di volo e così via. Analogamente a quanto av-

viene sulla Terra gli esperimenti vengono effettuati sull'essere umano e sull'animale da laboratorio (ove possibile), su piante e su cellule sia di origine animale che vegetale. Nello Spazio l'uso delle cellule o di piccoli organismi rende la sperimentazione relativamente più semplice consentendo la ripetibilità, la comparazione con i controlli a terra e lo sviluppo di strumentazione di bordo meno ingombrante e spesso automatica e indipendente, almeno parzialmente, dall'intervento dell'uomo. Questo consente di ottimizzare il "tempo astronauta" particolarmente prezioso a bordo di un veicolo spaziale dove poche persone devono svolgere un'infinità di attività diversificate e complesse.

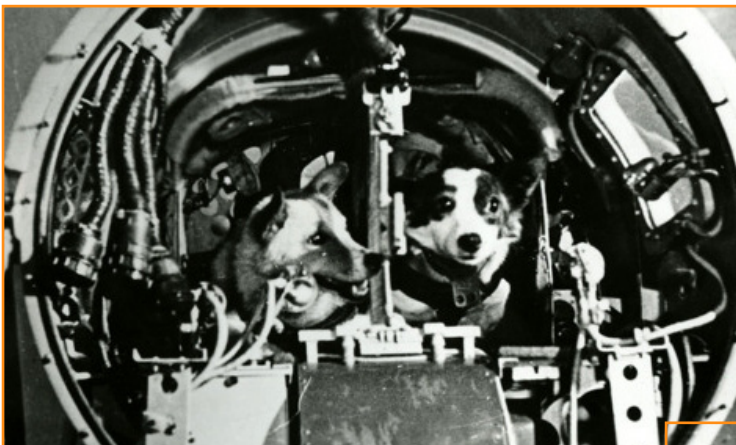


Foto: le cagnoline sovietiche Belka (Белка, "Scoiattolo") e Strelka (Стрелка, "Freccia") furono i primi esseri viventi a compiere un volo orbitale tornando incolumi sulla Terra. Trascorsero una giornata nello Spazio a bordo del Korabl-Sputnik-2 (Sputnik 5) il 19 agosto 1960. La loro sopravvivenza nello Spazio contribuì ad aprire la strada al primo volo umano di Jurij Gagarin. Credits: Corriere della Sera/ Google

Come sperimentare

La sperimentazione nei campi della Biologia e Biomedicina Spaziale è stata possibile grazie all'utilizzo di diversi vettori e piattaforme spaziali, dai razzi sonda allo Space Shuttle, alle stazioni orbitanti MIR e ISS. La sperimentazione biologica viene effettuata anche in studi in simulazione a Terra utilizzando, come riportato in altro paragrafo (Ambiente Spaziale, Gravità) il clinostato e/o la Random Positioning Machine. Inizialmente lo scopo era quello di comprendere quali fossero i limiti degli organismi viventi nello Spazio e di valutare in particolare gli effetti della microgravità e delle radiazioni cosmiche sul corpo umano. Nel corso degli ultimi due decenni, il crescente interesse per la Biologia Spaziale ha permesso di comprendere meglio alcune patologie umane simili a quelle riscontrate durante il volo spaziale, ma straordinariamente accelerate da questo ambiente (ad esempio l'invecchiamento, l'osteoporosi, l'atrofia muscolare e le patologie degenerative). L'obiettivo di questi studi è quindi la comprensione di quei meccanismi cellulari e molecolari difficilmente analizzabili sulla Terra a causa della presenza della gravità. Ad esempio, è stato possibile studiare nello Spazio la motilità dei linfociti T, cellule del sangue di importanza fondamentale per il buon funzionamento del nostro sistema immunitario. La motilità di tali cellule non è valutabile a terra in quanto *in vivo* (cioè nell'animale o nell'uomo vivo) i loro movimenti nel sangue sono dovuti alla chemiotassi (movimento guidato dalla concentrazione di sostanze chimiche fisiologiche), mentre *in vitro* (cioè in provetta o fiasca di laboratorio) il loro movimento è dovuto alla forza di gravità che li fa sedimentare. In assenza di gravità è stato invece possibile osservare che i linfociti umani coltivati *in vitro* pulsano, ruotano su se stessi e compiono movimenti lineari con una discreta velocità indipendentemente, quindi, sia

dalla forza di gravità terrestre che dalla chemiotassi. Come accennato gli effetti a carico dell'uomo sono molteplici ma i più evidenti e rapidi sono legati a modificazioni del sistema muscoloscheletrico, neurovestibolare e immunitario. Non a caso tra i modelli cellulari maggiormente utilizzati insieme alle cellule dell'osso, del muscolo e del sistema nervoso, sono da citare sicuramente alcune cellule primarie isolate dal sangue come i T linfociti ed i monociti. Ciò è dovuto alla possibilità di coltivare *in vitro* tali cellule ed al fatto che uno degli effetti più critici della microgravità sull'organismo umano è il drastico indebolimento del sistema immunitario che diventa sempre più pigro con l'aumentare del tempo di permanenza nello Spazio. L'indebolimento del sistema immunitario è ovviamente un elemento critico poiché rende l'essere vivente più esposto alle malattie. Da qui la necessità di capire, ad esempio, come la microgravità rallenti la proliferazione dei T linfociti.

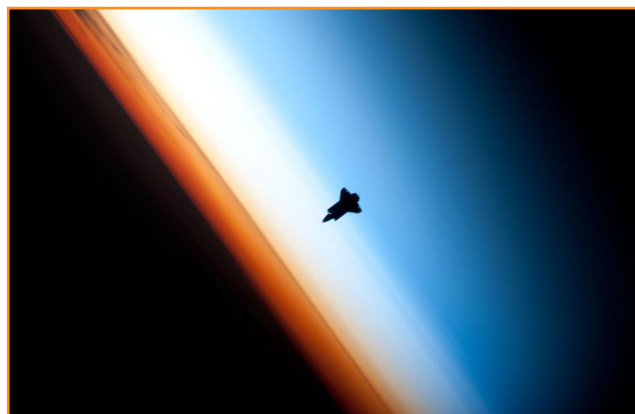


Foto: lo Space Shuttle ripreso dalla ISS mentre rientra a Terra. Credits: NASA/ESA

Trent'anni di esperimenti nello Spazio (shuttles, razzi sonda e ISS) e a terra in clinostato e/o Random Positioning Machine (strumento in grado di simulare la microgravità a terra) su T linfociti umani coltivati *in vitro* hanno permesso di appurare che in microgravità si verificano importanti modificazioni a livello cellulare come, ad esempio, un

umentata apoptosi (morte cellulare programmata). Queste osservazioni sono particolarmente interessanti perché potrebbero fornire un nuovo strumento sperimentale per la comprensione di alcuni processi molecolari e cellulari osservati nell'anziano. Molte delle alterazioni cellulari e molecolari riscontrate nei linfociti umani in condizioni di microgravità si osservano, infatti, anche durante l'immunosenescenza (l'invecchiamento del sistema immunitario). In questo modo è, peraltro, possibile discriminare il contributo apportato all'immunosenescenza dalle varie patologie cui possono andare incontro soggetti anziani: si può, infatti, studiare il fenomeno (indotto dalla sola microgravità) in cellule di soggetti giovani e sani.



Foto: esperimenti di biologia a bordo della ISS.
Credits: ESA

Analoghi esperimenti di espressione genica compiuti anche su cellule tumorali "coltivate" nello Spazio hanno messo in rilievo una certa correlazione tra la forma delle cellule, la loro elevata capacità proliferativa e l'alterazione dell'espressione di diversi geni in condizioni di microgravità. L'assenza di angiogenesi (sviluppo di nuovi vasi sanguigni) in tali tumori artificiali potrebbe aiutare a capire il problema della resistenza alla chemioterapia, consentendo nuovi approcci nello studio delle neoplasie e conducendo a nuovi e più mirati trattamenti terapeutici. Nonostante siano stati acquisiti numerosi dati sulle con-

seguenze delle microgravità a livello cellulare e molecolare, è ancora sconosciuto il meccanismo biofisico con cui le cellule percepiscono la gravità. Confrontando il peso di una singola cellula con le altre forze fisiche esistenti al suo interno è improbabile che questa possa rilevare il vettore gravità. Tali ricerche si sono recentemente concentrate principalmente sul citoscheletro della cellula. Un modello ampiamente accettato, inteso a spiegare come le cellule siano in grado di percepire le forze meccaniche (e possibilmente i cambiamenti gravitazionali), prevede che la struttura tridimensionale del citoscheletro, costituita da microfilamenti (actina), microtubuli (tubulina), filamenti intermedi (per es. vimentina) e proteine associate, sia caratterizzata da un forte stato di tensione tra i suoi componenti contigui. Tale tensione fornisce stabilità e conferisce la forma alla cellula, mette in relazione proteine citoplasmatiche e membranali (responsabili queste ultime della trasduzione del segnale), partecipa alle adesioni focali e cellula-cellula e si oppone a forze di compressione esterne alla stessa cellula. Pertanto, cambiando le forze meccaniche all'interno di una cellula, un'alterazione di gravità potrebbe influenzare lo stato delle proteine del citoscheletro e quindi la trasduzione del segnale (conversione di uno stimolo meccanico in un segnale chimico). Recentemente è stato inoltre dimostrato che il sistema immunitario e quello scheletrico sono strettamente collegati da reti di citochine e da interazioni dirette cellula-cellula: sembra che cellule del sistema immunitario provochino direttamente cambiamenti metabolici, strutturali e funzionali nell'osso. Pertanto, la conoscenza dei meccanismi cellulari e molecolari con cui la gravità influenza le cellule T è un requisito indispensabile per la fornitura di bersagli terapeutici o di prevenzione al fine di mantenere le ossa e il sistema immunitario degli astronauti completamente funzionali durante le future missioni spaziali di lunga durata. Infine,



è da sottolineare che per le future missioni spaziali di lunga durata assumono un ruolo fondamentale gli effetti delle radiazioni cosmiche sugli organismi viventi, uomo compreso. Al momento le radiazioni cosmiche costituiscono un fattore limitante per l'esplorazione umana dello Spazio. Al fine di studiare gli effetti di tali particelle sugli organismi viventi, cellule comprese, vengono comunemente utilizzati a terra acceleratori di particelle per sottoporre le cellule a dosi di radiazioni simili a quelle riscontrabili durante una missione spaziale. La finalità della "Radiation Biology" è duplice: da una parte cercare di

predire gli effetti delle radiazioni ionizzanti sugli organismi viventi e dall'altro sviluppare farmaci radioprotettivi e tecnologie tali da realizzare materiali schermanti efficaci. Di particolare interesse a bordo della ISS sono gli studi di dosimetria passiva e attiva (vedi paragrafo Ambiente Spaziale) che consentono di mappare lo spettro radioattivo all'interno della struttura e/o di determinare le dosi assorbite dall'uomo durante le esposizioni sia interne che esterne alla ISS utilizzando un manichino, Matroska, che simula i vari tessuti e organi umani.



Foto: l'esperimento Matroska dell'ESA a bordo della ISS. Credits: ESA

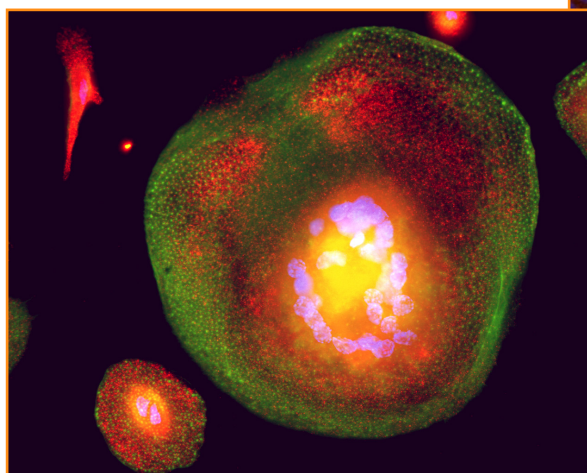
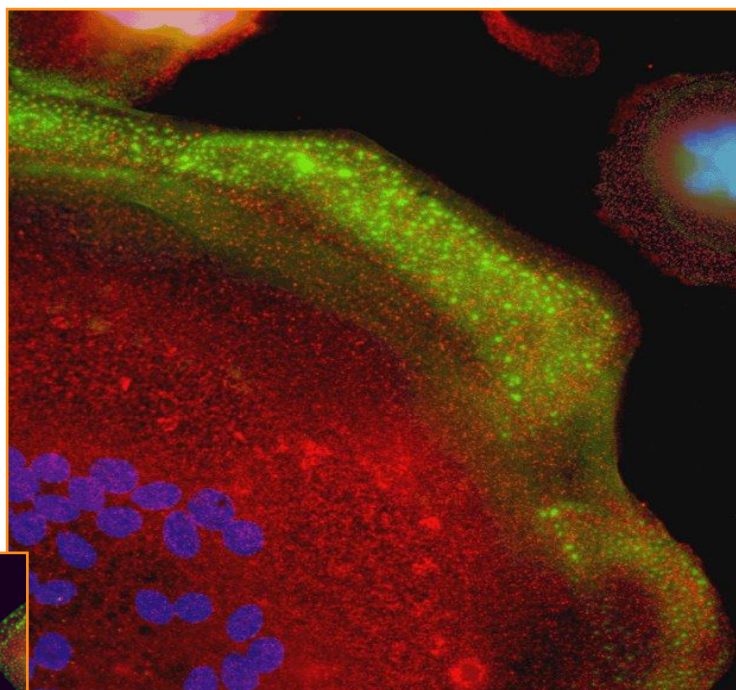


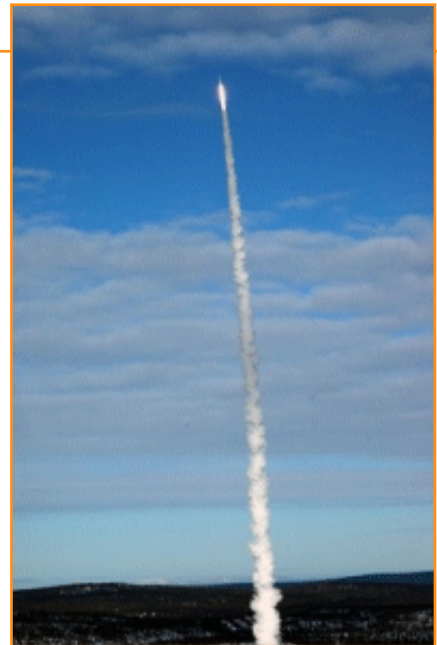
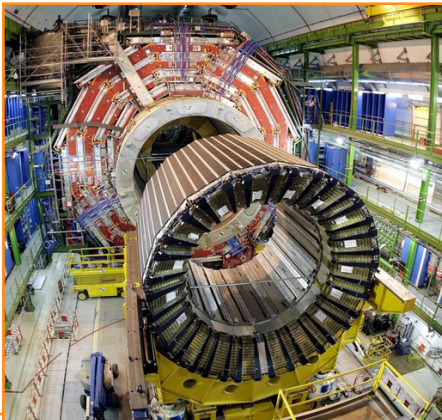
Foto: cellule ossee osservate al microscopio a fluorescenza. Credits: A. Zallone, Università degli studi di Bari

Razzi Sonda

Sono razzi di poche centinaia di chili di peso sviluppati per effettuare studi ed esperimenti scientifici durante un volo suborbitale. Normalmente sono alimentati da propellente solido e usati per effettuare rilevazioni tra i 250 - 750 km di altezza con traiettorie per lo più ascendenti e discendenti. Concepiti inizialmente per studiare le proprietà fisiche dell'alta atmosfera (da cui il nome "sonda"), il loro uso è stato esteso allo studio delle condizioni di microgravità per ricerche nel campo della fisica e della biologia. La durata della microgravità oscilla tra i 6 e i 13 minuti a seconda del tipo di razzo. Queste condizioni sono possibili durante la fase di caduta libera che finisce con l'apertura del paracadute che frena la caduta che avviene a una velocità di circa 8 m/s. I processi cellulari vitali studiati in condizioni di microgravità reale e simulata sono ovviamente molteplici e vanno dalla forma e motilità della cellula, al citoscheletro, alla sintesi e riparazione del DNA, all'espressione genica e ai fattori di trascrizione (proteine che controllano la biosintesi di molecole di RNA a partire da specifiche sequenze nucleotidiche del DNA), sino all'orientamento e alla gravi-percezione.

Foto: a destra, la partenza del razzo sonda Maxxim 8 dell'ESA. Credits: ESA

Foto: in basso, il Large Hadron Collider (LHC), il più grande e potente acceleratore di particelle del mondo. Credits: Google



Acceleratore di particelle

E' una macchina che produce fasci di ioni o particelle subatomiche (elettroni, positroni, protoni, antiprotoni etc.) con "elevata" energia cinetica. Tali strumenti vengono usati principalmente nella ricerca in fisica delle particelle o nella terapia medica per la cura dei tumori (ad es. l'adroterapia con sincrotroni e la tomoterapia con acceleratori lineari il cui scopo è distruggere il DNA delle cellule tumorali per impedirne la replicazione). I metodi per accelerare le particelle sono basati sull'uso di campi elettrici e magnetici: i primi forniscono energia alle particelle accelerandole, i secondi servono a curvarne la traiettoria sfruttando la forza di Lorentz (ad esempio negli acceleratori circolari: ciclotrone e sincrotrone) o a correggere dispersioni spaziali e di impulso dei fasci accelerati.

Effetti del volo spaziale sul sistema scheletrico: "l'osteoporosi spaziale"

Il tessuto osseo

L'osso è un tessuto dinamico che modifica la sua morfologia e il suo comportamento funzionale in rapporto alle necessità dell'organismo. L'osso non agisce solo come struttura di sostegno e protezione per organi e tessuti, ma garantisce anche l'ematopoiesi e consente il movimento lavorando in stretta collaborazione con il sistema muscolare e nervoso. Il tessuto mineralizzato che costituisce la matrice extracellulare dell'osso deriva da un raffinato gioco tra due tipi di cellule ossee: gli osteoblasti e gli osteoclasti. L'interazione di queste due popolazioni cellulari dà origine al processo di rimodellamento attraverso il quale l'osso viene continuamente rinnovato. Il processo di rimodellamento osseo è fortemente influenzato da condizioni e meccanismi diversi e complessi uno dei quali è rappresentato dallo stimolo meccanico. La forza di gravità influenza fortemente l'omeostasi dell'osso. La microgravità può indirizzare il processo di rimodellamento attraverso i meccanismi di riassorbimento e deposizione della matrice ossea.

Il tessuto osseo è una forma specializzata di tessuto connettivo caratterizzato da una complessa matrice mineralizzata. La matrice rappresenta il 90% del peso dell'osso ed è costituita da una componente inorganica, formata principalmente da fosfato di calcio, che le conferisce durezza, e da una componente organica, che è invece formata dal collagene, una proteina lunga e fibrosa, che le conferisce elasticità. Questa composizione dona al tessuto resistenza e leggerezza, proprietà meccaniche che lo rendono adatto alla funzione di sostegno. Inoltre, la presenza di un'elevata quantità di calcio come sale di fosfato, ma anche in forma libera, rende l'osso fondamentale per ga-

rantire l'omeostasi di questo elemento, a sua volta regolata dall'azione degli ormoni tiroidei. Se si osserva una sezione di tessuto osseo, è possibile individuare uno strato esterno di osso compatto, denso e robusto, in grado di resistere alla flessione. Più internamente è presente una zona di osso spugnoso, meno compatto e formato da un reticolo di lamine denominate trabecole.

Le cellule del tessuto osseo

La componente cellulare è costituita da quattro tipi di cellule:

- le cellule progenitrici: cellule che vanno incontro a divisione e che producono fattori di crescita e di differenziamento;
- gli osteoblasti: cellule che derivano dal differenziamento delle cellule progenitrici e che secernono le proteine e le sostanze minerali dell'osso;
- gli osteociti: cellule tipiche dell'osso maturo, responsabili del suo mantenimento ed anche capaci di avviarne il rimodellamento;
- gli osteoclasti: cellule responsabili del riassorbimento del tessuto osseo consentendo il riutilizzo del calcio in altre parti del corpo.

L'azione combinata di osteoblasti ed osteoclasti rendono l'osso una struttura altamente dinamica, capace di rinnovarsi continuamente e di modellarsi in risposta a stimoli chimici, ormonali e meccanici. Per operare in modo coordinato gli osteoblasti e gli osteoclasti comunicano tra loro. L'azione erosiva dell'osteoclasto si manifesta con la formazione della lacuna di Howship. Una volta formata una prima lacuna, l'osteoclasto si distacca dalla matrice ossea, si muove per moto ameboide su una porzione di osso adiacente a quella appena riassorbita, aderisce nuovamente e forma una nuova lacuna. In questo modo l'osteoclasto procede lungo l'osso

scavandovi solchi profondi. Nel loro insieme, più osteoclasti attivati riescono in un tempo relativamente breve a riassorbire porzioni anche cospicue di osso. Inoltre, la funzione osteoclastica è finemente regolata da fattori ormonali e locali. Alterazioni fisiologiche possono, tuttavia, rompere l'equilibrio sintesi/demolizione dando origine a variazioni della struttura del tessuto osseo che ne alterano le proprietà meccaniche e possono quindi portare a condizioni patologiche (es. osteoporosi).

Il sistema scheletrico in condizioni di microgravità

E' stato largamente dimostrato che la microgravità produce profondi cambiamenti in numerose funzioni fisiologiche. L'apparato scheletrico è uno degli apparati maggiormente sensibile alla microgravità. Sulla Terra l'osso è costantemente sottoposto a processi di rimodellamento quali decalcificazione e ricalcificazione, regolati da numerosi fattori, tra cui è essenziale la contrazione muscolare che permette il mantenimento della stazione eretta impedendo al corpo di cadere in avanti. Tali muscoli sono per questo chiamati antigravitari (muscoli della colonna vertebrale, della parte anteriore della coscia e posteriore della gamba). Le continue contrazioni muscolari, del tutto inavvertite, necessarie alla stazione eretta provocano continue sollecitazioni sull'osso. Queste sollecitazioni rappresentano uno stimolo alla deposizione di calcio. L'attività fisica rappresenta un secondo stimolo fondamentale. Non esistendo nello Spazio la necessità della stazione eretta, così come nella lunga permanenza a letto o in condizioni di scarso movimento fisico (anziani, disabili, ecc.), l'osso perde la sua capacità di rigenerarsi e la decalcificazione prevale sulla deposizione di minerali di calcio (osteoporosi). Al rientro dalle missioni spaziali di media e lunga durata sono necessari mesi affinché il contenuto minerale osseo possa essere recuperato appieno e non è af-

fatto certo che ciò possa avvenire dopo una permanenza di qualche anno nello Spazio.

Le contromisure: l'esperimento NATO (NANoparticles based countermeasures for Treatment of microgravity induced Osteoporosis)

Il rimodellamento osseo si basa sull'equilibrio tra neo-formazione di tessuto, da parte degli osteoblasti, e suo riassorbimento, da parte degli osteoclasti. Da numerosi esperimenti condotti in questo settore è noto che la microgravità è in grado di modificare significativamente tale processo, influenzando il metabolismo del tessuto osseo. In generale, diminuisce la formazione di osso ed aumenta il suo riassorbimento, il che si traduce in una perdita significativa di massa ossea con conseguente aumento della fragilità dell'osso e quindi in un rischio maggiore di fratture. Il progetto proposto si inserisce in questa tematica ed è focalizzato sullo sviluppo di una contromisura atta a ridurre il processo di demineralizzazione dell'osso e a promuovere una maggiore deposizione di matrice ossea, basata sull'utilizzo di nanoparticelle di idrossiapatite (nHAP) arricchite in stronzio (Sr) da somministrare agli astronauti. Si intende quindi verificare l'effetto di tali nano-particelle sulla vitalità e sul differenziamento di osteoblasti e osteoclasti in condizioni di microgravità simulata e reale, a bordo della ISS. Recentemente, l'avvento delle nanotecnologie ha offerto nuove opportunità per produrre e caratterizzare su scala nanometrica materiali che, in questa forma, possono migliorare la loro azione a livello biologico. Per questo motivo si è scelto di produrre in laboratorio nano-particelle di idrossiapatite, una molecola chimicamente simile alla componente inorganica dell'osso. Le stesse, sono state quindi arricchite con un elemento, lo stronzio, che, di recente, è stato individuato nelle regioni metabolicamente più attive



dell'osso e nel tessuto osseo di recente deposizione. La somministrazione di ranelato di stronzio si è dimostrata efficace nel ridurre l'incidenza di fratture in pazienti osteoporotici. Lo stronzio svolge *in vitro* un duplice effetto in quanto riduce l'assorbimento osseo e promuove la formazione di tessuto osseo, poi-

ché aumenta il numero di osteoblasti e diminuisce il numero e l'attività degli osteoclasti. Inoltre, gli studi clinici hanno dimostrato che lo stronzio aumenta la formazione di tessuto osseo e tende a diminuire il riassorbimento osseo nei pazienti trattati per l'osteoporosi. Infine, uno studio recente è stato condotto

Azioni educative ed obiettivi

Saranno presentate attività finalizzate a sensibilizzare gli studenti sull'importanza della ricerca spaziale, e della biologia cellulare in particolare, per lo studio di patologie umane e per lo screening iniziale di possibili contromisure preventive e/o curative di tipo nutrizionale e farmacologico.

Attività previste

Saranno realizzate le seguenti attività:

- 1) Illustrazione di tecniche di coltura di cellule staminali e descrizione dei processi che portano al differenziamento in osteoblasti.
- 2) Trasformazione di un esperimento da laboratorio, svolto in microgravità simulata, in un esperimento spaziale integrabile a bordo della ISS.
- 3) Descrizione di simulatori di microgravità e del loro effetto sugli osteoblasti.

Risultati Attesi

Dallo svolgimento delle attività proposte è atteso un coinvolgimento degli studenti nella valutazione e discussione delle modalità attraverso cui la microgravità simulata è in grado, in sinergia con il trattamento con le nano-particelle utilizzate, di dirigere il differenziamento di cellule staminali. Gli studenti saranno, inoltre, guidati nella formulazione di ipotesi sui meccanismi cellulari e molecolari che sono coinvolti nella risposta alle condizioni di assenza di peso. Infine verrà proposta una discussione sulle possibili applicazioni della ricerca descritta per il miglioramento delle condizioni di vita nello Spazio, in vista di future missioni di lunga durata e, più in generale, dell'esplorazione spaziale.

Foto: a destra, cambiamenti fisiologici durante il volo spaziale. Credits: A. Rizzo, Università degli studi di Milano



Foto: a sinistra, la composizione dell'osso.

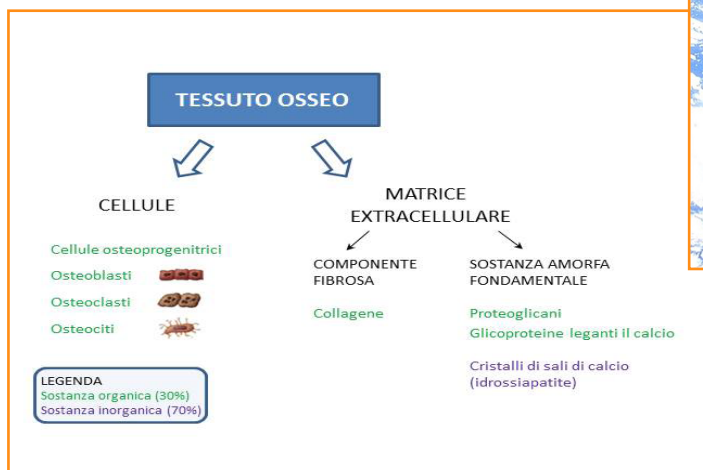
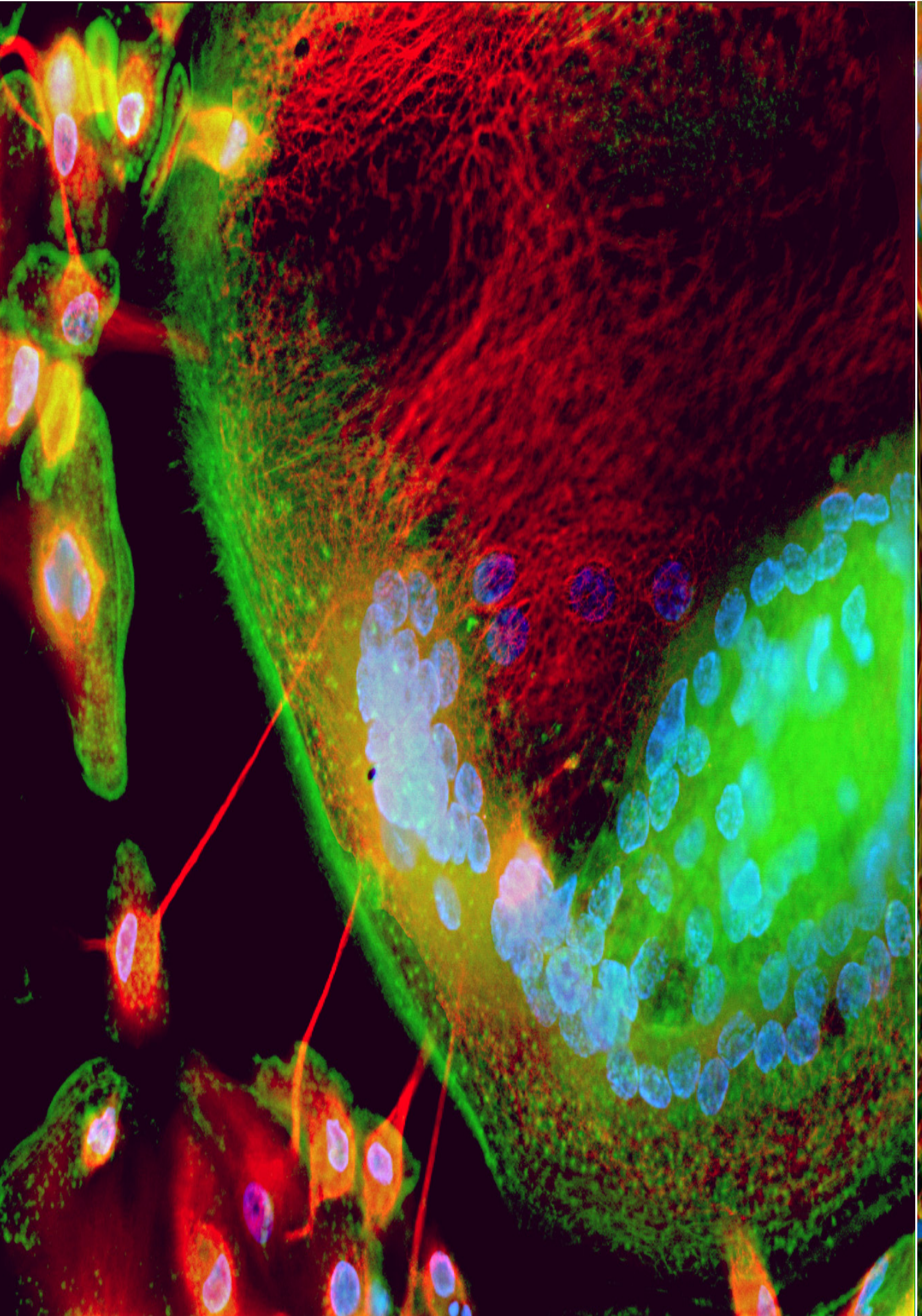


Foto pag. accanto: cellula ossea osservata al microscopio a fluorescenza. Credits: A. Zallone, Università degli studi di Bari



Scrivi qui i tuoi appunti



