

ANNA FOGTMAN

PONAD BŁĘKIT

O LOTACH KOSMICZNYCH I LUDZIACH,
BEZ KTÓRYCH BY ICH NIE BYŁO



Wydawnictwo
RN

Warszawa 2026

Copyright © Anna Fogtman, 2026

Copyright © Wydawnictwo RN, 2026

Redaktorka inicjująca i prowadząca: Karolina Głowacka

Redakcja: Michał Rogalski

Korekta: Gabriela Niemiec, Przemysław Żbikowski

Opieka redakcyjna: Anna Radwan-Żbikowska

Opieka produkcyjna: Tomasz Jaroszek, Justyna Jaroszek

Projekt okładki: Ula Pągowska

Opracowanie graficzne ilustracji: Filip Pachla

Zdjęcie autorki na okładce: Mikołaj Starzyński

Projekt typograficzny i skład: Robert Oleś, d2d.pl

ISBN 978-83-982516-6-2

Wydanie 1, Warszawa 2026

Książkę złożono krojami Questa oraz Questa Sans.

Druk: Drukarnia Perfekt S.A., ul. Połczyńska 99, 01-303 Warszawa

Spis treści

	Wstęp	7
1	Failure is not an option, but sweating is	11
2	Mały krok, ogromny rachunek	55
3	Maszyna do wszystkiego	101
4	Kosmiczna wspólnota mieszkaniowa	141
5	Habitat do montażu, śrubki w komplecie	179
6	Dom bez podłogi	217
7	Człowiek do zadań pozaziemskich	259
8	Najtrudniejszy system na pokładzie	285
9	Kosmos zaczyna się na Ziemi	333
10	Europa zabiera się na Księżyc	371
	Zakończenie	417
	Bibliografia	421
	Źródła ilustracji	446



1

FAILURE IS NOT AN OPTION, BUT SWEATING IS

O Mission Control, spacerach kosmicznych i tym,
dla kogo projektuje się kosmos



Ponoć do Houston nie przyjeżdża się latem. To pierwsza nieproszona rada, jaką słyzy się od każdej napotkanej osoby, z którą rozmowa trwa dłużej niż trzy minuty.

Podoba ci się Teksas? To znaczy, że nie byłeś tu latem.

I rzeczywiście: nie byłam. Zwykle trafiaam w to miejsce w kwietniu albo listopadzie. Pogodę w tych miesiącach nazwałabym bardziej letnią niż lipce mojego dzieciństwa. Na Teksańczykach może nie robi to wrażenia, ale dla mnie – dziewczyny z Europy Środkowej, której skóra ma tylko trzy odcienie: blady, różowy i czerwony – nawet listopadowe teksańskie słońce bywa za dużym żądaniem wobec organizmu. Dlatego zazwyczaj znajdziecie mnie w cieniu. Pod drzewem. W kapeluszu. Najlepiej nieruchomą.

W Johnson Space Center (JSC) zwykle nie jest to problemem, bo kampus przypomina park. Jest zielono, szeroko, mnóstwo tu drzew, trawników i miejsc, w których można udawać, że człowiek nadal należy do gatunku przystosowanego do życia na lądzie. Są jednak takie punkty, w których można się dosłownie usmażyć. W jednym z nich bywam regularnie.

Teksański problem termiczny

Po wyjściu z numeru 45 od strony kliniki i skręceniu w prawo mija się jej tylny taras. Posadzono tam młode drzewa i krzewy. Jeszcze kilka lat zajmie im ochłodzenie tej przestrzeni, ale mimo to stoją między nimi stoliki, przy których nie brakuje ludzi. Siedzą zupełnie nieosłonięci od żaru, dodatkowo wzmaganego przez pomarańczową kamienną ścianę budynku. Za każdym razem, kiedy przechodzę tamtędy wąskim chodnikiem między dwoma budynkami o tym samym numerze, zastanawiam się, jak to jest fizjologicznie możliwe. Siedzieć tam i żyć.



Ja jeszcze porządnie nie wyszłam z cienia rzucanego przez żaluzjowe zadaszenie tego pasażu, a już mi gorąco. Niewykluczone, że moje ciało wie wcześniej ode mnie, co zaraz nastąpi. Bo przejście za chwilę się skończy, ja zejść po kilku schodkach i znajdę się na olbrzymiej przestrzeni pokrytej prawie samym betonem. Żar spotęgują karoserie setek zaparkowanych tam samochodów, a powietrze nad parkingiem zacznie działać jak soczewka grawitacyjna: czasoprzestrzeń się zagnie i przez chwilę będzie można dojrzeć Meksyk. Trafie w miejsce, gdzie woda wyparowuje z ciała ludzkiego w nanosekundę. Nawet w listopadzie.

Dlatego za każdym razem, kiedy już się tam znajdę, staram się pokonać tę przestrzeń optymalnie szybko. I wcale nie jest to trywialne,



Budynek numer 30 w Johnson Space Center w Houston. W tej dziwnej konstrukcji z niewielką liczbą okien mieści się Mission Control Center, do którego można z kosmosu zawołać: „Houston, mamy problem”, a wszyscy staną na baczność, by ten problem rozwiązać. Kiedy robiłam to zdjęcie, tekszańskie słońce wisało już nisko nad horyzontem, ale nadal było ekstremalnie gorąco.

bo jeśli pójde za prędko, na drugi koniec parkingu dotrę kompletnie spocona. Jeśli pójde za wolno – dotrę *al dente*. Schodzenie z tych kilku stopni jest więc w zasadzie obliczaniem trajektorii lotu na Księżyc. Trzeba uwzględnić temperaturę nawierzchni, wilgotność, ekspozycję na promieniowanie, aktualną wydolność układu chłodzenia oraz margines błędu wynikający z faktu, że człowiek ma na sobie ubranie, a nie ablacyjną osłonę termiczną.

Najmniejszy błąd współrzędnych może skończyć się wejściem w atmosferę pod złym kątem: zbyt płytko – odbijesz się od parkingu i będziesz krążyć między rzędami samochodów, szukając cienia; zbyt stromo – spalisz się jeszcze przed osiągnięciem orbity klimatyzowanego

budynku. A pośrodku tego parkingu jest pułapka: punkt Lagrange’a całego JSC. Miejsce, w którym działające z różnych stron siły na chwilę się równoważą, a niewielki obiekt może zawisnąć między nimi niemal nieruchomo. Na tym parkingu tym niewielkim obiektem jestem zwykle ja.

Pomiędzy kolejnymi pasami skośnie zaparkowanych samochodów biegają wąskie chodniki, ułożone równolegle do siebie i do budynku, w którym pracują właściciele tych wszystkich dużych amerykańskich aut. Jeden z tych chodników jest przedłużeniem ścieżki wychodzącej spomiędzy budynków numer 45 – i to właśnie nim idę na drugą stronę. Mniej więcej w połowie zawsze coś mnie zatrzymuje. Za każdym razem. Jakbym weszła w punkt równowagi między rozsądkiem, który każe iść dalej, zanim organizm się zagotuje, a grawitacją kolejnego budynku, która każe stanąć i patrzeć. Najpierw na flagę na szczycie olbrzymiego obiektu, potem na jego niesymetryczną konstrukcję z betonowych, podłużnych paneli, a w końcu na napis widoczny nawet z najdalszej części parkingu: „Christopher C. Kraft Jr. Mission Control Center”. Budynek numer 30.

Jeszcze się na niego nie napatrzyłam. I za każdym razem, kiedy się tam zatrzymuję, przechodzą mnie ciarki. To za tą betonową ścianą tworzy się historia lotów załogowych.

Nie od początku tak było. Pierwsze amerykańskie loty w kosmos prowadzono jeszcze z Florydy, z centrum kontroli na przykładu Canaveral. Ale kiedy program kosmiczny zaczął się rozrastać, a NASA przygotowywała się już nie tylko do krótkich skoków nad atmosferę, lecz do kolejnych misji Gemini i Apollo, potrzebne było miejsce większe, spokojniejsze i zbudowane z myślą o tym, że z lotami w kosmos wiąże się systematyczna, codzienna praca.

Dlatego w Houston powstało Manned Spacecraft Center, późniejsze Johnson Space Center, a wraz z nim budynek 30, czyli Mission Control Center. Pierwszą prowadzoną stąd misją była Gemini 4, która

Mission Control w Houston podczas spaceru Neila Armstronga i Buzza Aldrina po powierzchni Księżyca, 20 lipca 1969 roku. Kontrolerzy nadal śledzą stan modułu księżycowego Eagle, systemów podtrzymywania życia i przebieg samego spaceru. Dwóch ludzi na Księżycu, a w Teksasie całe pomieszczenie pracuje razem z nimi.



wystartowała 3 czerwca 1965 roku. Podczas niej astronauta Ed White wyszedł na pierwszy amerykański spacer kosmiczny. Od tamtej pory jeśli jakkolwiek załoga leciała w kosmos ze Stanów Zjednoczonych, ktoś w budynku numer 30 śledził dane, obliczał zapasy paliwa, energii, tlenu i czasu, sprawdzał telemetrię, czyli wysyłane podczas lotu na Ziemię podstawowe odczyty z czujników, i mówił spokojnym głosem rzeczy, które na zewnątrz miały stwarzać wrażenie panowania nad sytuacją, choć stała za nimi skrywana, ale bezlitosna walka z czasem.

Stąd prowadzono misję Apollo 11, podczas której Neil Armstrong i Buzz Aldrin zeszli na powierzchnię Księżyca, a cały świat słuchał kilku zdań wypowiedzianych z odległości prawie 400 tysięcy kilometrów. Stąd prowadzono lot Apolla 13, w trakcie którego najważniejszym celem przestał być Księżyc, a stało się nim sprowadzenie trzech ludzi z powrotem do domu. Stąd kontrolowano pierwszą amerykańską stację kosmiczną Skylab, operowano wahadłowcami, a dzisiaj kontroluje się



8

NAJTRUDNIEJSZY SYSTEM NA POKŁADZIE

O mdłościach, kościach i innych biologicznych awariach



podtrzymywania życia na stacji nie jest bowiem żaden wyrafinowany technologicznie przedmiot lub instalacja. Jest nim sam człowiek.

Medyczny przegląd techniczny

Biura specjalistów medycyny kosmicznej w Europejskim Centrum Astronautów – a więc i moje – mieszczą się niedaleko tej małej wystawy, wystarczy pójść wzdłuż ściany, przejść przez oszklone drzwi, minąć biura zarządu i jest się na miejscu. Pracując w tej branży, szybko zrozumiałam dwie rzeczy. Po pierwsze, medycyna kosmiczna ma więcej wspólnego z naukami ścisłymi, inżynierią i teorią zarządzania ryzykiem niż z ziemską medycyną kliniczną. Po drugie, jeśli już ta ostatnia się pojawia, to brakuje w niej efektu science fiction, który tak bardzo kojarzy nam się z wyprawami w kosmos. Zajmuje się przede wszystkim prewencją: co zrobić, żeby człowiek nie zasłabł, nie złamał kości, nie stracił zbyt dużo mięśni, nie popełnił błędu z niedospania, z odwodnienia, przez mdłości, ból głowy albo dlatego, że jego błędnik ma wszystkiego dość. Dla osoby takiej jak ja, wywodzącej się ze świata nauki, jest w tym podejściu coś pocieszającego. Medycyna kosmiczna stwarza przestrzeń dla wielu osób z różnym zapleczem intelektualnym, a lekarze i lekarki wcale nie muszą tu należeć do większości. To jedna z najważniejszych cech tej dziedziny – jest naprawdę, a nie tylko w deklaracjach, interdyscyplinarna.

Nauki biomedyczne próbują zrozumieć, co dzieje się z ciałem człowieka w kolejnych fazach lotu, podczas adaptacji do mikrogravitacji, przy codziennej pracy na stacji, w trakcie powrotu przez atmosferę i w czasie rekonwalescencji po lądowaniu. Inżynieria biomedyczna musi potem przełożyć tę wiedzę na sprzęt, procedury i ograniczenia misji – czyli jej długość, trajektorie lotu, rozmiar samego statku kosmicznego. Nauki o sporcie projektują trening, który ma utrzymać mięśnie, kości i układ krążenia w stanie pozwalającym wrócić na Ziemię. Dietetyka pilnuje, żeby organizm miał z czego się regenerować. Ochrona radiologiczna próbuje ograniczyć ryzyko, którego skutki mogą pojawić się dopiero po latach. Psychologia dba o to, żeby człowiek dobrze funkcjonował w izolacji, przeciążeniu informacyjnym i ciągłej fizycznej bliskości innych ludzi.

Klasyczna medycyna kliniczna również się przydaje, ale w optymalnej sytuacji jak najrzadziej gra pierwsze skrzypce. Operacja w stanie nieważkości czy lekarka unosząca się z defibrylatorem między modułami stacji to obrazy dobre dla kina, a nie rzecz, którą chce się przeżyć w pracy. Trzeba więc sprawić, żeby do sytuacji zagrożenia w ogóle nie doszło. Wszystko, co może zostać przewidziane, musi zostać przewidziane.

Jeśli na Ziemi złamiemy palec, jedziemy do szpitala, gdzie jest infrastruktura, specjalistyczny sprzęt potrzebny do badań i wykwalifikowany personel. Na statku kosmicznym takich luksusów nie mamy. Na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej jest oczywiście aparatura medyczna, a załogę szkoli się do udzielania podstawowej pomocy. Wybrany osobom przydziela się funkcję Crew Medical Officer i przygotowuje je do wykonywania określonych procedur medycznych pod nadzorem lekarzy na Ziemi. Ale to nadal nie zmienia zasadniczego faktu: w kosmosie leczenie jest trudniejsze, wolniejsze i bardziej ryzykowne niż na Ziemi.

Astronautki i astronauta przechodzą regularne, bardzo szczegółowe badania medyczne. Po przypisaniu do misji proces staje się jeszcze bardziej ukierunkowany pod kątem jej wymagań. Zespoły medyczne i biomedyczne sprawdzają, czy organizm danej osoby poradzi sobie z profilem misji, z konkretnym statkiem, czasem trwania lotu, z wartością przeciążenia. Zbiera się szczegółowy wywiad medyczny, analizuje wcześniejsze choroby, urazy, styl życia, sen, aktywność fizyczną, dietę i reakcje na stres. Wykonuje się badania krwi i innych możliwych próbek, sprawdza pracę narządów, metabolizm, odporność, markery infekcji, układ równowagi, gęstość kości, skład ciała, wydolność, siłę mięśniową i zdolność regeneracji. To wciąż nie koniec, można by wymienić dłużej. Mało kto na świecie jest tak dokładnie prześwietlany (również dosłownie) pod kątem zdrowia jak astronauta.

Znaczącą część przygotowań zajmuje sprawdzanie, jak organizm zachowuje się pod obciążeniem. Astronautki i astronauta wykonują testy wysiłkowe, a specjaliści obserwują pracę serca, płuc i mięśni: jak szybko rośnie tętno, czy ciśnienie zmienia się prawidłowo, jak organizm zużywa tlen i jak szybko wraca do równowagi po wysiłku. Próbuje się w ten sposób ustalić margines bezpieczeństwa – sprawdzić, czy ciało ma rezerwę wydolności na wszystkie etapy misji i ewentualne nieprzewidziane wypadki.



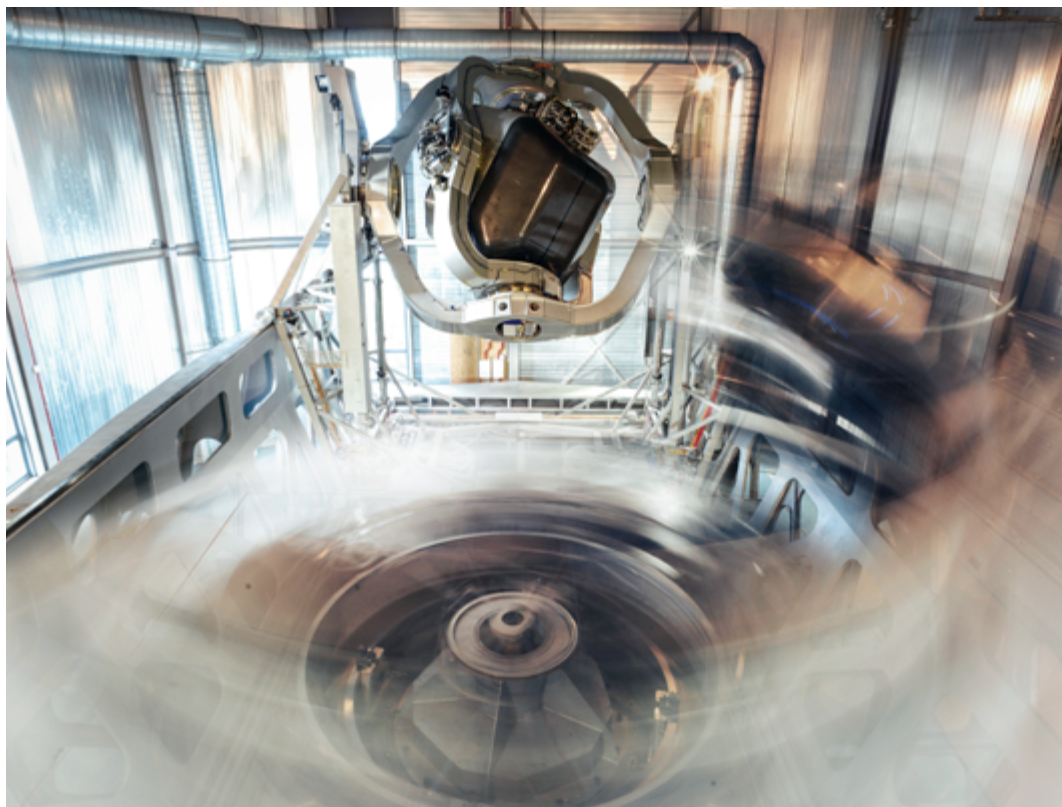
Raphaël Liégeois przed treningiem na wirówce w czasie swojego *basic training*.

Gdy termin misji staje się nieodległy, badania i trening możliwie najbardziej zbliżają się do warunków lotu. Sprawdza się reakcje na przeciążenia, orientację przestrzenną, pracę błędnika, tolerancję na zmiany ciśnienia i adaptację do nietypowych bodźców. Część testów wygląda klasycznie, wykorzystuje się w nich elektrody, maski i pomiary ciśnienia. Innym dużo bliżej jest do metodycznych tortur. Astronaucci są testowani na specjalnych krzesłach obrotowych, w symulatorach dezorientacji, komorach ciśnieniowych, basenach i w wirówkach przeciążeniowych.

Ostatni przyrząd jest szczególnie widowiskowy. Astronauta siada w kapsule na końcu długiego ramienia, ramię zaczyna się obracać, a ciało doświadcza przeciążeń podobnych do tych, które mogą pojawić się podczas startu, wejścia w atmosferę albo awaryjnego powrotu. Lekarki i instruktorzy obserwują, czy człowiek nadal potrafi mówić, wykonywać

polecenia, napinać odpowiednie mięśnie i zachować kontakt z rzeczywistością w sytuacji, gdy ciało nagle waży kilka razy więcej niż zwykle. Chodzi tutaj o poznanie granic konkretnego ludzkiego organizmu.

Medycyna kosmiczna zaczyna zajmować się astronautą długo przed startem, a cały ten wielomiesięczny proces musi być intensywny i drobiazgowy. Szuka się najmniejszych choćby zmian zdrowotnych, które w locie mogłyby urosnąć do rozmiarów problemu operacyjnego. Cel jest wart wszystkich uciążliwych badań – astronauta chce dotrzeć na orbitę. Ale nie oznacza to, że kiedy już na nią trafi, będzie mu tam przyjemnie.



DESDEMONA – wirówka, symulator lotu i urządzenie do dezorientacji w jednym. do dezorientacji w jednym. Kabina może jednocześnie obracać się wokół kilku osi i poruszać po ramieniu wirówki, dzięki czemu urządzenie odtwarza zarówno długotrwałe przeciążenia, jak i złożone ruchy samolotu. Służy do treningu tolerancji przeciążeń, dezorientacji przestrzennej oraz badań nad reakcją człowieka na ekstremalne warunki lotu, także kosmicznego. Jest również jedną z naziemnych platform badawczych programu naukowego ESA, gdzie testuje się między innymi wpływ złożonych ruchów i przeciążeń na orientację, percepcję i zachowanie człowieka. Zdjęcie dzięki uprzejmości tno.nl.

Ciężar własny chwilowo nie obowiązuje

Każda misja zaczyna się podobnie: od zamknięcia człowieka ubranego w skafander ciśnieniowy w ciasnej kapsule, na szczycie rakiety. Wyobraź sobie, że wciskasz się w swój indywidualnie dopasowany fotel. Kolana masz lekko uniesione, krępują cię pasy, przewody oraz skafander. Możesz ruszać tylko rękami. Skafander ciśnieniowy jest ciasny i taki ma być. Czujesz jego warstwy, sztywność, pierścienie, uszczelnienia, rękawice. Każdy głębszy oddech przypomina, że między twoją klatką piersiową a światem jest jeszcze technologia.

Przez długi czas przed startem właściwie nic się nie dzieje. Leżysz na plecach, a dokładniej: w pozycji półleżącej, ale to ustawienie nie jest podyktowane wygodą. Ciało człowieka ma swoje osie, tak jak statek powietrzny czy rakieta. Oś pionowa, oznaczana jako Z, biegnie mniej więcej od głowy do stóp. Właśnie przeciążeń wzdłuż niej najbardziej boją się pilotki i piloci myśliwców, bo przy dodatnim przeciążeniu krew odpływa od głowy w stronę nóg i można stracić przytomność. Oś X biegnie na wskroś ciała, od klatki piersiowej do pleców. W tej osi najlepiej znosi się przeciążenie podczas startu. W nomenklaturze lotniczej kierunek obciążenia przez klatkę piersiową i fotel nazywa się +Gx, a potocznie *eyeballs in* – „gałki oczne do środka” – bo przyspieszenie działa tak, jakby wciskało oczy, twarz i całe ciało w głąb fotela. Pozycja półleżąca zmniejsza ryzyko gwałtownego odpływu krwi z mózgu i pozwala organizmowi wytrzymać kilka minut przyspieszenia, które w innej pozycji byłyby trudne do zniesienia.

Słyszysz głosy w słuchawkach, kolejne komendy, odliczanie, sprawdzanie systemów. Pasy ściśle opinają ciało, bo przy starcie luz jest ryzykiem. Fotel, pasy i skafander tworzą razem ciasną formę, w której ciało ma przetrwać hałas, drgania i przyspieszenie. Wiesz, że pod tobą są zbiorniki pełne paliwa i utleniacza, że za chwilę zaczniesz się kontrolowana eksplozja, która uruchomi silniki. Konstrukcja zaczyna drżeć, jakby obudziła się do życia. Fotel przenosi wibracje przez plecy, biodra, uda, łydki. Jesteś integralnym elementem rakiety, która za chwilę oderwie się od Ziemi.

Trzy, dwa, jeden... zero. Szarpnięcie. Rakieta zaczyna przyspieszać, a ciało natychmiast pojmuję, że nie ma odwrotu. Grawitacja ciągnie w dół, ale silniki wypychają cię w górę z coraz większą siłą. Czujesz

to tak, jakby ktoś położył na tobie dodatkowe ciało. Najpierw jedno, za chwilę kolejne. Przy przeciążeniu 3 G ciało staje się trzykrotnie cięższe niż na Ziemi. Ręka, którą trzeba podnieść do przełącznika, jest masynym narzędziem, a każdy ruch wymaga znacznie więcej wysiłku. Trudniej jest także oddychać, bo klatka piersiowa i przepona również muszą przy każdym oddechu wykonać większą pracę.

Przeciążenie rzędu 3 G nie jest zresztą regułą. Może być nieco mniejsze, ale może też wzrosnąć znacznie bardziej – wszystko zależy od statku, profilu lotu, fazy misji. Efekt nie pojawia się od pierwszej sekundy i nie utrzymuje przez cały lot na orbicie. Na początku pojazd jest jeszcze obciążony paliwem, więc przyspieszenie rośnie stopniowo. Z każdą minutą rakietą staje się lżejsza, a silniki pracownicy zużywają zapasy. Ciało coraz wyraźniej czuje, że pojazd z rosnącą stanowczością wciska je w fotel. Największe przeciążenia pojawiają się w fazach intensywnego przyspieszania, często pod koniec pracy danego stopnia rakiet, Szczytowe obciążenie trwa zwykle tylko kilkadziesiąt sekund; przez pozostałą część wznoszenia jest wyraźnie mniejsze.

W pierwszych minutach to główne wyzwanie dla astronautycznego ciała. Krew, płyny, narządy – wszystko, co zwykle funkcjonuje w dość stabilnym polu grawitacyjnym, teraz podlega innemu rozkładowi sił. Układ krążenia musi utrzymać dopływ krwi do mózgu mimo odczucia „dodatkowych kilogramów”. Przez zęby, kości, narządy wewnętrzne przenikają wibracje. Czujesz je w miejscach, o których normalnie nie myślisz. Serce przyspiesza, starasz się kontrolować oddech, a mózg robi to, do czego był szkolony: nie panikuje, wykonuje kolejne zadania. Wszystko dzieje się szybko, ale subiektywny upływ czasu może podpowiadać coś innego. Komendy, separacje kolejnych stopni rakiet, zmiany dźwięku i rytmu drgań. Czasem przez chwilę robi się spokojniej, po czym przychodzi kolejne szarpnięcie, kolejny etap, kolejne przyspieszenie. Harmonogram lotu znasz na pamięć, a jak nie, to ciało przypomni ci o nim punkt po punkcie.

Po niespełna dziesięciu minutach – w zależności od statku i rakiet – wszystko gwałtownie cichnie. W Sojuszu dzieje się to po wyłączeniu silnika trzeciego stopnia, po około dziewięciu minutach lotu. Jeśli lecisz z kolei Crew Dragonem wynoszonym przez Falcona 9, ten moment nosi nazwę *SECO*, czyli *Second Engine Cutoff*: wyłączenie silnika drugiego stopnia. Właśnie wtedy kończy się