

Stav beztíže a jeho vliv na organismus

Stav beztíže

Stav beztíže, tj. mikrogravitace, je stav, kdy dlouhodobě nepůsobí zemská tíže. V momentě, kdy na člověka působí vedle tíhové síly stejně velká síla odstředivá, síly se vyrovnají a nastává beztížný stav. Tento stav je přítomen zejména při kosmických letech. Na Zemi můžeme krátkodobou mikrogravitaci pocítit např. v rychlosti na vrcholu horské dráhy nebo v menším letadle, které je náhle tlačeno větrem dolů.

Krátkodobý stav beztíže lidskému organismu nevadí, jeho dlouhodobé působení však způsobuje zdravotní problémy.

Účinky mikrogravitace na lidský organismus

Přímé a nepřímé účinky beztížného stavu vyvolávají kaskádu vzájemně propojených odpovědí organismu, které můžeme rozdělit do třech hlavních skupin.

První skupinou jsou odpovědi organismu související s gravitačními receptory.

Mezi gravitační receptory patří otolity, tělíska statokinetického (vestibulárního) ústrojí, která se při pohybu hlavy vlivem gravitace pohybují a způsobují podráždění smyslových buněk. Posílají tak signál do mozku o poloze hlavy a celého těla. Ve stavu beztíže se otolity začnou pohybovat volně a podráždění smyslových buněk je náhodné. Tyto podněty pak mohou vyvolat iluzi o poloze těla. Při dlouhodobém působení beztíže může navíc dojít ke krvácení do statokinetického ústrojí. Také dochází k vyhasínání ortostatického reflexu, což znamená, že po návratu na Zemi astronauti nejsou schopni regulovat prokrvení hlavy v závislosti na změně polohy.

Dále je narušeno proprioreceptorové vnímání. Proprioreceptory jsou gravitační receptory ve svalech a šlachách, které podávají informace o poloze a pohybech jednotlivých částí těla. Člověk, na něhož nepůsobí gravitační síla, tedy nevnímá vzájemnou orientaci částí těla (např. postavení ruky vůči noze apod.). Také dotykové a tlakové receptory na nohou a kotnících přestanou signalizovat směr dolů. Nedostatek aferentních vzruchů z pohybového systému zapříčiní dočasnou poruchu nervosvalové koordinace.

Nesoulady mezi vizuálními, taktilními a gravitačními vjemy způsobí prostorovou dezorientaci, bolest hlavy, poruchy soustředění, nechutenství, nevolnost, zvracení, závratě a pocení, tedy příznaky tzv. mořské nemoci.

Druhá skupina účinků mikrogravitace zahrnuje tělní tekutiny.

V beztížném stavu zmizí hydrostatický tlak, což způsobí přesun vody zdola nahoru. Každá noha ztrácí asi 1 litr vody a může dojít k dehydrataci tkání. Naopak v horní části těla dojde ke zvětšení objemu vody. Krční žíly se vyboulí, obličej se začne plnit a oteče. Nadbytek tekutin v hlavě dále způsobí nosní kongesci („rýmu“), která trvá po celou dobu stavu beztíže. Větší objem krve v hrudníku zapříčiní zvýšení tepového objemu a srdečního výdeje.

Dochází ke změnám krevního tlaku. Po době delší než šest měsíců je velmi malý rozdíl mezi systolickým a diastolickým krevním tlakem, systola je nedostatečná a srdeční výdej klesá.

Posuny vody vyvolají kaskádu interakcí ledvinových, hormonálních a mechanických mechanismů, které regulují hladiny tekutin a elektrolytů. Ledviny na zvýšené proudění krve zareagují zvýšenou produkcí moči a hodnota filtrace v ledvinách se zvýší téměř o 20%. Dále dojde ke snížení sekrece antidiuretického hormonu (ADH) v podvěsku mozkovém, což způsobí menší pocit žízně. Tyto faktory pomáhají hrudníku a hlavě zbavit se nadbytečných tekutin a během několika dní se množství tekutin v těle sníží. Objem krevní plasmy klesne téměř o 20%. Ztráta plasmy a doprovodné snížení cévního prostoru vede k nadbytku červených krvinek, na který organismus odpovídá snížením jejich produkce tak, že se v ledvinách sníží produkce hormonu erythropoetinu, který stimuluje vznik červených krvinek v červené kostní dřeni. Astronauti po návratu na Zemi trpí speciální formou anémie.

Přesuny tělních tekutin mají dále vliv na některé lidské smysly.

Zvýšený objem krve v hlavě vytváří tlak na oči, které deformuje. Výsledkem je mírně rozmazaný obraz, neboť světelné paprsky se vlivem deformace tvaru oka sbíhají před nebo za sítnicí. Tlak může také zapříčinit otok očního nervu. Otok očního nervu časem vymizí, zploštění oční bulvy se však často do normálu nevrací.

Kvůli chybějící gravitaci se vzniklé slzy neskutálí po tváři, ale vytvoří kolem oka vodní bublinu.

Zvýšené množství tekutiny v hlavě vede k ucpání nosních dutin a nosu a ke snížení citlivosti čichu. Také chuťové vnímání je změněno a nejlépe chutná ostré kořeněné jídlo.

Sluch ztrátou gravitace není ovlivněn.

Přestože hmat jako takový ztrátou gravitace ovlivněn také není, souvislosti s pohybem v prostoru bez gravitace (např. pohyb astronautů v kosmické lodi) menší změny citlivosti způsobí. Jelikož po kosmické lodi lidé nechodí, ale vznášejí se, ztvrdlá kůže na spodní části chodidla přestává být potřebná pro ochranu nohou a tělo se ji zbavuje. Na

opačné straně nohy (nártu a hřbetech prstů) začíná kůže tvrdnout a také se stává citlivější, jelikož je více používána k přemísťování a udržování na místě (zaháknutí nohy za madlo apod.)

Třetí skupinou, na kterou má stav beztlíže velký vliv, jsou nosné konstrukce, tj. kosti a svaly.

Na páteř nepůsobí žádný tlak, což vede k prodloužení tělesné výšky přibližně o 2 palce. Jelikož plíce, srdce a další hrudní orgány nemají žádnou váhu, hrudní koš se uvolňuje a rozšiřuje. Podstatně se mění metabolismus kostí a dochází ke ztrátě 1-1,5% kostní hmoty za měsíc. Mechanismus redukce kostní hmoty souvisí se změnou homeostázy vápníku a s nerovnováhou tvorby a degradací kosti prostřednictvím osteoblastů a osteoklastů. Redukuje se hlavně denzita kostí dolních končetin a pánve. Snížení denzity kostí vede ke snadným zlomeninám. Osteolýza zvyšuje koncentraci vápenatých kationtů v krevní plazmě, následkem které dochází ke kalcifikaci měkkých tkání a také se zvyšuje riziko vzniku ledvinových kamenů.

Svaly používané na Zemi pro podporu antigravitace už nejsou potřebné a atrofují, ubývá v nich cév a nervových zakončení. Svalová atrofie způsobuje redukci příčného pružování a svalové síly, což ukazuje na změnu struktury svalových vláken. Určitá svalová vlákna s pomalými záškuby užitečných pro podporu proti gravitaci se mění na rychleji se stahující vlákna užitečná pro rychlou odpověď. Testy dvojčat Marka a Scottyho Kelly ukázaly (<https://vosveteit.sk/vedci-rozmyslaju-nad-upravou-dna-astronautov-aby-im-pomohli-vysporiadat-sa-moznymi-zdravotnymi-probl-emi-pocas-misii/>), že vliv ve stavu beztlíže má vliv na lidský organismus. Mark je astronaut, který na ISS strávil delší dobu, přičemž se to odrazilo na jeho výšce a ztrátě váhy. To však nejsou všechny vlivy. Vědci proto uvažují o úpravě DNA, aby astronautům pomohly vyrovnat se s možnými problémy spojenými s pobytem ve vesmíru.

Dalším systémem, jehož funkce je narušena, je imunitní systém. Za podmínek mikrogravitace dochází k selhání biologické aktivity proteinu Concanavalin A ve stimulaci proliferace T-lymfocytů, buněk imunitního systému. A jelikož během vesmírného letu působí na organismus různé stresové faktory, které způsobí zvýšení mutace buněk, přičemž imunitní systém nepracuje správně, zvyšuje se riziko vzniku rakoviny.

Odkazy

Zdroje

HOWELL, Elizabeth. *Weightlessness and Its Effect on Astronauts* [online]. December 16, 2017 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.space.com/23017-weightlessness.html>

Craig Freudenrich, Ph.D. How Weightlessness Works. HowStuffWorks.com [online]. 20 March 2001. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/weightlessness.htm>

WHITE, Ronald J. Weightlessness and the Human Body. *Scientific American* [online]. 1998, 279(3), 58-63 [cit. 2019-11-20]. DOI: 10.1038/scientificamerican0998-58. ISSN 0036-8733. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/weightlessness-and-the-human-body/>

PIETSCH, J., J. BAUER, M. EGLI, M. INFANGER, P. WISE, C. ULBRICH a D. GRIMM. The Effects of Weightlessness on the Human Organism and Mammalian Cells. *Current Molecular Medicine* [online]. 2011, 11(5), 350-364 [cit. 2019-11-20]. DOI: 10.2174/156652411795976600. ISSN 15665240.

Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory. 4., upravené vydání. Praha: Grada, 2013, s. 44. ISBN 978-80-247-4237-3.

ROKYTA, Richard. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.

VOPLATKA, Michael. *Lidské smysly ve stavu beztlíže* [online]. 14. května 2015 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.kosmonautix.cz/2015/05/lidske-smysly-ve-stavu-beztize/>

Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů. Praha: Grada, 2006, s. 38-39. ISBN 978-80-247-1383-0.

Patofyziologie pro lékařské směry. 4., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018, s. 33. ISBN 978-80-246-3563-7.