

Artikelserie: Tilpasset det ekstreme

Fysiologiske udfordringer i rummet

Alt liv på jorden er naturligt tilpasset den tyngdekraft, der er på netop vores planet, og den manglende tyngdekraft i rummet udgør derfor en stor udfordring for astronauter og en alvorlig begrænsning for fremtidens bemandede ekspeditioner til andre planeter i vores solsystem.

Tekst af Tobias Wang og Aage Kristian Olsen Alstrup

Illustrationer af Marie Rubæk Holm

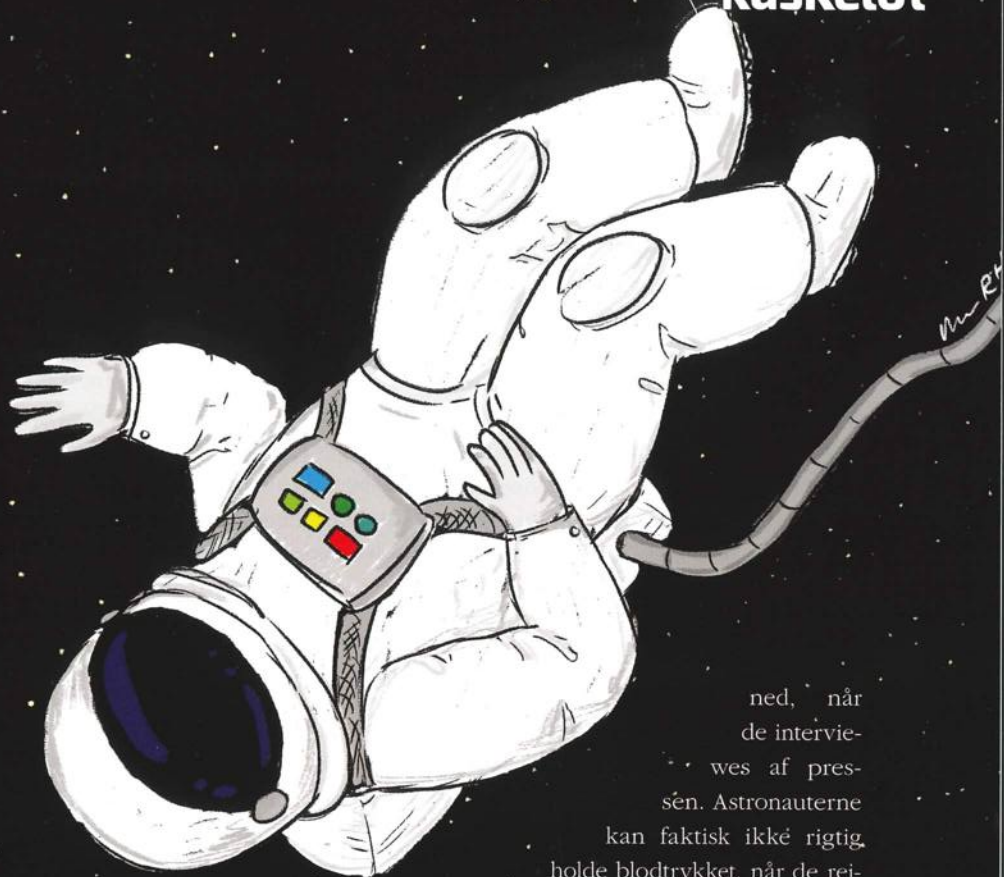
"We choose to go to the Moon in this decade and to do the other things, not because they are easy, but because they are hard". Med disse berømte og lettere patroniserende ord affyrede præsident John F. Kennedy det endelige startskud til rumkapløbet mellem USA og den daværende Sovjetunion i 1962. Dengang, som nu, var ønsket om at være førende indenfor udforskningen af rummet en rodet blanding af militære, økonomiske og videnskabelige ambitioner, tilsat en oprigtig eventyrlyst og nysgerrighed overfor, hvad der mon er "derude". Rumkapløbet, som i dag involverer nye

storspillere som Kina og Indien, handler stadig om at være først med smarte teknologiske løsninger, men de bemandede ekspeditioner er også i høj grad begrænset af menneskets fysiologi. Menneskets fysiologi udfordres nemlig betragteligt, når kroppen ikke længere oplever tyngdekraften. Mens det nok var forventeligt, at kredsløbet ændres, når tyngdekraften forsvandt i rummet, er der også en række alvorlige problemer med tab af muskelmasse og svækkelse af knoglerne, som viser sig svære at løse for astronauterne. De store rumforskningsinstitutioner, såsom det europæiske rumsamarbejde

(ESA) og det amerikanske NASA, forsker derfor internt i at udvikle medicinske metoder til at forhindre muskel- og knogletabet, og mange af de opnåede resultater kan formentlig også hjælpe med at forbedre behandlingen af muskelsvind og andre neuro-muskulære lidelser for os almindelige jord-mennesker.

Hvordan påvirker tyngdekraften menneskets kredsløb på jorden?

De fleste læsere vil givetvis nikke genkendende til den ubehagelige oplevelse, hvor det sortner for øjnene, når man pludselig rejser sig op, og nogle vil må-



ske også have prøvet at miste bevidstheden herved. Begge symptomer skyldes at hjernens gennemblødning sænkes betragteligt, når vi rejser os op, og symptomerne er altså resultatet af manglende ilttilførsel til hjernen, fordi blodtrykket - målt i hjertehøjde - falder pludseligt, men heldigvis også kun kortvarigt. Faldet i blodtryk skyldes, at tyngdekraften trækker en del af kroppens blodvolumen væk fra hjertet. Cirka 2/3 af vores blodvolumen befinder sig i venerne. Når vi ligger ned, vil meget af det venøse blod befinde sig tæt på hjertet, men når vi rejser os op, trækker tyngdekraften en stor del af det venøse blod, knap en liter, ned mod benene og dermed væk fra hjertet. Som et resultat heraf reduceres fyldningen af hjertet under diastolen, og hjertets slagvolumen (det volumen af blodet som pumpes med et enkelt hjerteslag) sænkes. Det pludselige fald i blodtrykket, når vi rejser os op, opfattes af trykreceptorer (baroreceptorer) i karvæggen i de store arterier, der leder blodet mod hovedet, og trykfaldet modvirkes ved, at det autonome nervesystem kompenserer ved at øge pulsen og hjertets kontraktilitet, samtidigt med at kredsløbets modstand øges ved at de små blodkar trækker sig sammen. Dette kaldes for den barostatisk regulering af blodtrykket, og det sikrer at blodtrykket normalt forbliver ret uænd-

dret, når vi ændrer på kropstillingen.

Tyngdekraftens indflydelse på blodtrykket (gælder også trykket i en vandsøjle) kan beskrives matematisk på følgende måde:

$$\text{Rho} \cdot g \cdot h,$$

hvor rho er blodet massefylde (tæt på værdien 1, da blod mestendels består af vand), g er tyngdeaccelerationen (på jorden har den værdien $9,807 \text{ m/s}^2$) og h er højdeforskellen (meter). Det er denne sammenhæng, som vores krop er indrettet på at klare. Vores evne til at håndtere tyngdekraftens forstyrrelser af blodtryk og hjertets minutvolumen forværres dog med alderen, og fald i forbindelse med svimmelhed udgør en alvorlig risiko for benbrud og hofteskader hos ældre mennesker. Der er også en svækkelse af disse kredsløbsreflekser hos astronauter, når de kommer tilbage til jordens tyngdekraft, og dette er en af grundene til, at ny-hjemvendte astronauter typisk sidder

ned, når de interviewes af pressen. Astronauterne kan faktisk ikke rigtig holde blodtrykket, når de rejser sig op, og det er jo ikke særlig befordrende for markedsføringen, at helten besvimer for rullende kameraer.

Normaliseret kredsløb i rummet, men alvorlige synsforstyrrelser

Når tyngdekraften ikke længere trækker blodet ned mod benene, ophobes det venøse blod i stedet i større grad omkring hjertet, og hjertet fyldes nemmere. Efter kort tid i rummet reduceres blodvolumen med knap en liter (altså et fald fra omkring 5 til 4 liter blod for en astronaut), og hjertets minutvolumen hos en akklimatiseret astronaut er derfor nogenlunde som på jorden, men den nervøse regulering af blodtryk, det barostatisk respons, kompromitteres ofte.

Som en lidt uventet lidelse under rumrejser, viser det sig, at mange astronauter har alvorligt synstab og synsforstyrrelser under de længerevarende ekspeditioner. Dette kaldes for "spaceflight associated neuro-ocular syndrome" (SANS) og skyldes tilsyneladende ændringerne i kroppens blodvolumen, som leder til højere tryk inde i kraniet.

Det er ikke klarlagt, hvorfor synet derved forstyrres, men det er muligt, at tryk på synsnerven er involveret, og der foregår også en fortykkelse af nethinden hos astronauterne. SANS anses som en meget alvorlig begrænsning af menneskets mulighed for langvarige rumrejser, og de tilgrundliggende mekanismer skal afklares, inden det bliver muligt at forhindre problemets opståen.

Knoglerne bliver mindre og skøre i rummet

Også skelettets knogler påvirkes af den manglende tyngdekraft i rummet, og astronauter taber knap 20 % skelettets samlede masse efter blot 6 måneder i rummet. Dette indebærer, at knoglerne mister styrke, og faren for brud er dermed forøget. Det er bestemt ikke ønskeligt med alvorlige knoglebrud på rumrejserne, og varige gener efter rejserne er heller ikke ønskværdige. Knoglerne anses ofte - og lidt fejlagtigt - som et relativt kedeligt og statisk organ, men knogler opbygges vedvarende af osteoblast-celler og nedbrydes af osteoclast-celler (osteo betyder knogle). Aktiviteten af disse to celletyper reguleres i nogen grad af den dominerende knoglecelletype, de såkaldte osteocytter (hvilket dybest set betyder knogleceller). Osteocytterne er følsomme overfor mekanisk stress og mærker et nedsat stræk og belastning i rummet, hvorved de signalerer til nedsat osteoblast-aktivitet og øget knoglenedbrydning fra osteoclaterne. Denne balance mellem knogleopbyggelse og knoglenedbrydning er en vigtig tilpasning hernede på jorden, som sikrer at knoglernes styrke og masse til stadighed tilpasses de fysiologiske krav, som organismen oplever, men er ikke hensigtsmæssigt under rumreisen, som jo for

kroppen er en helt unaturlig tilstand. Håbet er at kunne forhindre den uheldige forskydning gennem medicinering, der kan påvirke signaleringen mellem de forskellige typer af knogleceller og dermed sikre, at astronauterne beholder knoglefunktion under rejsen og ikke generes, når de senere vender hjem til jorden.

Stort tab af muskelmasse og styrke i rummet

Som med knoglerne, er der også en stadig tilpasning af musklernes masse i forhold til det arbejde, som vi udfører, og der foregår en vedvarende opbygning og nedbrydning af musklerne. Når nedbrydningen overstiger opbygningen, taber vi muskelmasse. Dette kender de fleste fra tabet af muskelmasse under fysisk inaktivitet, hvad enten det er forbundet med en stillesiddende hverdag, eller når et

ben eller en arm lægges i gips efter et knoglebrud. I rummet stimuleres nedbrydningen, og astronauter taber typisk 10-20 % af deres muskelmasse indenfor få uger, og man estimerer, at faldet vil være så meget som 50-60 % under en Mars-ekspedition. Dette vil naturligvis få store konsekvenser for astronauternes evne til at udføre fysisk arbejde under missionen, og vil være invaliderende, når de kommer hjem igen. Muskeltabet kan bremses lidt med fysisk træning under ekspeditionerne, og ændringer i omega-fedtsyrer og antioxidanter i kosten lader til at have en positiv effekt, men er slet ikke tilstrækkeligt til at stoppe ta-

