

> synapse (la zone de contact entre deux neurones) et les dendrites qui conduisent les signaux de la synapse vers le neurone. Lors de précédentes études au sein de mon laboratoire, nous avons observé que des rayons X et gamma peu ionisants (à faible TLE) entraînaient une réduction importante de la longueur, de la surface et des ramifications des dendrites pendant 10, voire 30 jours après l'exposition au rayonnement. Nous avons utilisé le terme de «réduction de la complexité dendritique» pour qualifier l'ensemble de ces dommages. Plus récemment, en 2015, nous avons mis en évidence que de très faibles doses de particules chargées provoquent des pertes significatives et persistantes de complexité dendritique.

De plus, nous avons observé ces changements dans une région spécifique du cerveau, le cortex préfrontal médian, une zone connue pour intervenir dans la mémoire, et dont nous soupçonnions qu'elle pourrait être endommagée au vu de nos tests du comportement des rongeurs. Et ces résultats n'excluent pas que d'autres régions du cerveau ou d'autres circuits neuronaux puissent être endommagés.

ÉLAGAGE DE L'ARBRE NEURONAL

En améliorant encore la résolution de nos images, nous avons recherché des signes d'altération sur d'autres structures dans le cerveau telles que les épines dendritiques, des excroissances minuscules (moins d'un micromètre, soit une fraction de l'épaisseur d'un cheveu humain) de la dendrite qui jouent un rôle important dans les fonctions d'apprentissage et de mémorisation. Si les dendrites sont les branches d'un arbre, les épines dendritiques en sont les feuilles. Les épines dendritiques contiennent les mécanismes synaptiques qui permettent aux dendrites de recevoir des signaux neuronaux.

Nos expériences avec des rayons X et d'autres avec des ions ont révélé une sensibilité marquée des épines dendritiques à l'irradiation. Et nous avons trouvé que la densité d'épines dendritiques diminuait nettement après l'exposition d'une souris, avec des effets visibles sur des périodes courtes (10 jours) ou longues (6 semaines). Ces effets persistants attestent de la capacité des ions des rayons cosmiques à provoquer des changements structuraux importants en réduisant le nombre de connexions synaptiques dans le cerveau, changements qui compromettent la capacité des neurones à assurer leur rôle.

Et effectivement, avec un suivi individuel des performances des souris, nous avons montré que lorsque la densité dendritique diminuait, les capacités cognitives en faisaient de même. Les animaux dont les performances étaient les plus mauvaises (c'est-à-dire dont la curiosité et

l'exploration de la nouveauté étaient réduites) présentaient aussi la plus faible densité d'épines dendritiques. Cela suggérerait que la perturbation de la cognition était au moins en partie liée à la réduction du nombre d'épines dendritiques.

Tous ces résultats semblent ainsi confirmer ce que la Nasa soupçonnait depuis des années: les rayons cosmiques peuvent nuire aux performances cognitives des astronautes. Jusqu'à présent, ces craintes se fondaient en grande partie sur la littérature clinique documentant toute une gamme d'effets cognitifs chez des patients ayant survécu à une radiothérapie crânienne dans le cadre du traitement d'un cancer. Mais par le passé, les chercheurs hésitaient à

Le rêve de voyager dans le Système solaire et au-delà pourrait rester à jamais hors de portée

extrapoler ces résultats aux astronautes parce qu'il s'agit d'individus exposés à des doses et des types de rayonnement différents.

En clinique, une dose journalière typique (2 Gy) dépasse la plupart des estimations de la dose absorbée au cours d'une mission vers Mars (en comptant un an de voyage pour faire l'aller-retour et un an sur place). Les doses interplanétaires sont de l'ordre de 0,48 milligray par jour et la moitié seulement sur Mars (la masse de la planète bloque le rayonnement arrivant par en dessous). Par ailleurs, bien que les doses utilisées en clinique soient beaucoup plus élevées que dans l'espace, les rayons X et gamma utilisés pour traiter les tumeurs sont peu ionisants (TLE faible) alors que les particules chargées qui nous inquiètent dans l'espace ont un fort pouvoir ionisant (TLE élevé). Pour ces raisons, il est difficile d'extrapoler les conséquences pour les astronautes à partir des traitements de radiothérapie.

Cependant, pour être complet, quelques précautions sont à prendre dans l'interprétation de nos résultats. Nous avons utilisé des doses de rayonnement comparables à celles que recevraient des voyageurs spatiaux, mais nous n'avons pas pu administrer ces doses au même rythme que celui auquel les astronautes