

## **RBW der Neutronen bei Affen - auf den Menschen übertragbar?**

Das Bundesamt für Strahlenschutz begründete seine Meinung, die derzeitige Bewertung der Neutronen bei der Berechnung der Äquivalentdosis (Qualitätsfaktor 10) sei konservativ, auch damit, daß Versuche zur relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) der Neutronen mit Affen Werte um Fünf ergeben haben. Da Affen von allen Versuchstieren am ehesten mit dem Menschen vergleichbar seien, seien diese Versuchsergebnisse die für den Menschen repräsentativsten [Martignoni 1996].

### **Daten**

Tierische Versuchsobjekte für den menschlichen Strahlenschutz waren Rhesusaffen, bei denen durch hohe, an sich tödliche Strahlendosen (Röntgenstrahlen und Neutronen) eine schwerste Strahlenkrankheit ausgelöst worden war, die sie nur durch Transplantation ihres eigenen Knochenmarks überlebt hatten [Broerse et al. 1991]. Beobachtet werden konnten 9 überlebende Tiere nach durchschnittlich 3,4 Gy (bis maximal 4,4 Gy) Neutronen und 20 Tiere nach durchschnittlich 6,7 Gy (bis maximal 8 Gy) Röntgenstrahlen. Ohne Transplantation waren 50% der Tiere nach einer Dosis von 2,6 Gy Neutronen oder 5 Gy Röntgenstrahlen gestorben. In der Neutronengruppe hatten 7 der 9 Tiere (78%) einen bösartigen Tumor, in der Röntgenstrahlengruppe 50%, hier zwei weitere Tiere gutartige Tumore. In einer unbehandelten Kontrollgruppe von 21 Tieren wurden zwei bösartige Tumore beobachtet (10%).

In beiden Gruppen wiesen viele Tiere mehrfache Tumore auf. Die sieben Tiere der Neutronengruppe hatten insgesamt 13 bösartige und 8 gutartige Tumore, die 12 der Röntgenstrahlengruppe 14 bösartige und 14 gutartige. In der Neutronengruppe starb das erste Tier nach vier Jahren, die Tumortiere überlebten im Mittel 9,9 Jahre. In der Röntgenstrahlengruppe starb das erste Tier nach 8 Jahren am Tumor, im Mittel überlebten die Tumortiere 11,8 Jahre. In der Kontrollgruppe traten die beiden Krebsfälle erst nach 21 Jahren auf. Die Art der Tumoren war in beiden behandelten Gruppen völlig unterschiedlich von dem Tumorspektrum, das beim Menschen spontan oder nach einer Ganzkörper-Strahlenbelastung beobachtet wird.

Die Autoren berechneten die zusätzliche (additive) Häufigkeit der bösartigen Tumore gegenüber der Kontrollgruppe pro erlebtes Affenjahr und Dosis in Gray nach der Behandlung. Dies waren in der Neutronengruppe  $(7/90-2/460)/3,4 = 216 \cdot 10^{-4}$  und in der Röntgenstrahlengruppe  $(10/237-2/460)/6,7 =$

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Horst Kuni, Klinische Nuklearmedizin, Med. Zentrum für Radiologie, Philipps-Universität Marburg, 35033 Marburg/Lahn  
<http://staff-www.uni-marburg.de/~kuni/h>, [h.kuni@mailier.uni-marburg.de](mailto:h.kuni@mailier.uni-marburg.de)

$57 \cdot 10^{-4}$  pro Gy und Jahr. Es bedurfte nach dieser Rechnung eine 3,79fach höhere Dosis Röntgenstrahlen, um den gleichen biologischen Effekt hervorzurufen wie Neutronen.

In einem zweiten Ansatz verglichen die Autoren die kumulative Tumorfrequenz pro Dosis und errechneten eine RBW von Fünf.

Mit dieser Auswertung hat die Arbeitsgruppe niedrigere Werte errechnet als in einer früheren Arbeit, bei deren Auswertung noch eine größere Zahl der Tiere tumorfrei gelebt hatten, vor allem in der Röntgenstrahlengruppe [Broerse et al. 1985]. Damals hatte die Arbeitsgruppe noch eine RBW von Acht errechnet.

## Bewertung

Die Autoren selbst heben in der Diskussion ihrer Befunde hervor, daß die RBW wegen der hohen Dosis so niedrig ausfällt und deshalb nicht auf die Bewertung niedriger Neutronendosen übertragen werden kann. Dies ist bei den hier vorliegenden Verhältnissen unmittelbar einleuchtend. Viel mehr Tiere, als in der Neutronengruppe beobachtet wurden, konnten praktisch nicht mehr an einem Tumor erkranken, insbesondere, wenn man bedenkt, daß das einzige tumorfreie Tier zum Abschluß der Beobachtung 1990 noch lebte und deshalb potentiell noch an einem Tumor hätte erkranken können.

Obwohl also die Experimente an einer Tierart vorgenommen wurden, die dem Menschen genetisch relativ nahe steht, ist die beobachtete RBW der Neutronen wegen der hohen Dosen nicht auf die Wirkung niedriger Dosen übertragbar, weder auf andere Tiere noch auf die Schadenserwartung nach einer Strahlenbelastung von Menschen. Lediglich die auffällige Häufung von Tumoren des Gehirns und des Bindegewebes könnte mit der hohen Energiedichte der Bestrahlung zusammenhängen und ein Licht auf die Schadenserwartung bei Menschen nach Neutronenbelastung werfen. Denn beim fliegenden Personal, das vorwiegend einer Strahlenbelastung durch Neutronen ausgesetzt ist, ist die besondere Häufung von Tumoren des Gehirns und des Bindegewebes bereits beschrieben worden.

## Quellen

- Broerse, J.J., van Bekkum, D.W., Zoetelief, J., Zurcher, C. 1991  
Relative Biological Effectiveness for Neutrons Carcinogenesis in Monkeys and Rats  
Radiat. Res. 128, S128-S135
- Broerse, J.J., Hennen, L.A., van Zwieten, M.J. 1985  
Radiation Carcinogenesis in Experimental Animals and its Implications for Radiation Protection  
Int. J. Radiat. Biol. 48, 167-187
- Martinioni, K. 1996  
Stellungnahme auf der Sitzung des Kreisausschusses für Umwelt, Abfallwirtschaft und Atomanlagen, 29.05.1996, Wustrow (Wendland)