

• SZ 27.12.2006

Gefährliche Projektile

Auch langsame Elektronen
können Erbgut zerstören

Dass Radioaktivität schädliche Strahlen freisetzt, weiß heute jedes Kind. Umso mehr erstaunt es, dass viele Prozesse, die Körperzellen töten oder schädigen, im Detail noch nicht aufgeklärt sind. Strahlenforscher nahmen zum Beispiel bislang an, dass sehr langsame Elektronen, die Nebenprodukte einer medizinischen Bestrahlung sein können, die DNS nicht schädigen. Eugen Illenberger, Chemiker an der Freien Universität Berlin, hat jedoch vor kurzem zusammen mit Kollegen von der Universität Innsbruck gezeigt, dass diese Vorstellung falsch ist. Um dies zu untersuchen, haben die Wissenschaftler im Detail nachvollzogen, wie chemische Bindungen in der Erbsubstanz aufgebrochen werden. „Damit ist zum ersten Mal ein molekularer Mechanismus gefunden worden, der zur Schädigung der DNS führt“, sagt Eugen Illenberger (*Angewandte Chemie*, Bd. 118, S. 4969, 2006).

Energiereiche Strahlen entfalten ihre zerstörerische Wirkung auf das Gewebe vor allem durch die Folgeprozesse, die sie in Gang setzen. Sie schlagen aus dem Zellverband Elektronen heraus, die teilweise schnell, teilweise langsam die DNS wie kleine Projektile bombardieren. Da die Kollisionen der Elektronen mit der Erbsubstanz oder mit Proteinen in der Zelle sofort zu weiteren Reaktionen führen, lassen die üblichen Experimente an Zellkulturen nur indirekte Schlüsse zu.

Eugen Illenberger und seine Kollegen haben deshalb die Bausteine der DNS einzeln untersucht. In ihren Probekammern beschossen sie Basen, aus denen die Doppelhelix der DNS zusammensetzt ist, mit Elektronen und analysierten die Bruchstücke. Es zeigte sich, dass die Wirkung „besonders effektiv ist, wenn ein stark abgebremstes Elektron eingefangen wird“, erklärt Illenberger. Es setzt Schwingungsprozesse in Gang, durch die die DNS-Base zu Bruch geht. Ähnliche Prozesse haben die Chemiker danach auch an intakten Modell-DNS-Stücken beobachtet.

Energie auf Umwegen

Bereits vor einigen Jahren hatten kanadische Wissenschaftler Furore gemacht, als sie gezeigt hatten, dass langsame Elektronen bei Bakterien Erbgutschäden verursachen. „Die Aufregung war deshalb groß, weil man das nicht erwartet hat. Eigentlich ist die Energie dieser Elektronen geringer als die Energie, die man bräuchte, um DNS-Brüche zu erzeugen“, sagt Peter Jacob, Leiter der Abteilung Risikoanalyse des Instituts für Strahlenschutz am GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg.

Wie es trotzdem dazu kommen kann, haben Eugen Illenberger und seine Partner in Innsbruck jetzt aufgeklärt. Die Stoßenergie des einzelnen Elektrons reicht zwar tatsächlich nicht, um das Erbgut aufzuknacken. Aber – so zeigte sich – eines der Teilstücke nimmt das ankommende Elektron auf und gibt dabei zusätzlich überraschend viel Energie ab. In der Summe ist das genug, um die DNS zu zerstören.

Die wissenschaftliche Erkenntnis über den Mechanismus, der Strahlenschäden auslösen kann, führt zunächst allerdings nicht automatisch zu einem besseren Strahlenschutz. Das zeigen die Simulationen von Strahlenschäden, bei denen Peter Jacob bereits seit der Entdeckung der kanadischen Arbeitsgruppe den Effekt der langsamen Elektronen berücksichtigt. „Wir haben keine großen Schlussfolgerungen daraus ziehen können.“ Das liegt daran, dass Gamma- und Röntgenstrahlung andere Prozesse mit deutlich größeren Schäden hervorruft.

Eugen Illenberger hofft aber, dass das neue Wissen dort zu Verbesserungen führt, wo Mediziner und Ingenieure künstlich Strahlenschäden herbeiführen wollen. Etwa in der Krebsbehandlung, bei der spezielle Moleküle in das Tumorgewebe eingebracht werden. Sie dienen quasi als Zielscheibe für radioaktive Strahlung, so dass mit der Strahlentherapie Tumorzellen effektiv zerstört werden. Auch in der Lithografie, bei der durch Elektronenbeschuss Mikro- bis Nanometer kleine Strukturen auf Oberflächen aufgebracht werden, könnte das Wissen um die langsamen Elektronen hilfreich sein.

MICHAEL FUHS