

Was die Zinkkonzentration in Zähnen verrät

Zähne sind Verbundstrukturen aus Mineralien und Proteinen, dabei besteht der Großteil des Zahns aus Dentin, einem knochenartigen, hochporösen Material. Diese Struktur macht Zähne sowohl stark als auch empfindlich. Neben Kalzium und Phosphat enthalten Zähne auch Spurenelemente wie Zink. Mit komplementären mikroskopischen Verfahren hat ein Team der Charité Berlin, der TU Berlin und des HZB die Verteilung von natürlichem Zink im Zahn ermittelt. Das Ergebnis: mit zunehmender Porosität des Dentins in Richtung Pulpa steigt die Zinkkonzentration um das 5- bis 10-fache. Diese Erkenntnis hilft, den Einfluss von zinkhaltigen Füllungen auf die Zahngesundheit besser zu verstehen und könnte Verbesserungen in der Zahnmedizin anstoßen.

Zähne haben eine komplexe Struktur: Die Zahnpulpa mit den Nerven ist von Dentin umgeben, einem porösen Knochenmaterial, das außen von Zahnschmelz im Mund und Zement in den Wurzeln bedeckt ist. Obwohl das Dentin von unzähligen mikrometergroßen Kanälchen, den Tubuli, durchzogen ist, können Zähne jahrzehntelang großen Kräften standhalten. Die Dichte der Dentintubuli nimmt zur Pulpa hin zu, das Dentin wird also nach innen zunehmend porös. Dentinkanälchen leiten Reize an die Nerven weiter und ermöglichen das Empfinden von Kälte und Wärme. Ähnlich wie Knochen enthält Dentin hauptsächlich Kalzium und Phosphat sowie organische Stoffe und eine Reihe von Spurenelementen, die normalerweise homogen verteilt sind. Das Spurenelement Zink kommt jedoch in einigen Regionen fast gar nicht vor, während es in der Nähe der Pulpa hingegen recht hoch konzentriert ist. Bis zu dieser Studie war nicht bekannt, wie hoch die Konzentration von natürlichem Zink ist und wie es in gesunden Zähnen verteilt ist.

Ideale Zahnproben

Das Team unter der Leitung von Prof. Dr. Paul Zaslansky, Charité Berlin, und Dr. Ioanna Mantouvalou, HZB, machte sich daran, diese Frage zu klären. Allerdings kamen weggeworfene menschliche Zähne für die Untersuchung nicht in Frage, da diese in der Regel durch Behandlungen oder Zahnpasta mit Zink kontaminiert sind. Daher verwendeten sie Rinderzähne, die in Schlachthöfen in großen Mengen anfallen. Infrarotuntersuchungen, die mit dem IRIS-Team von BESSY II durchgeführt wurden, hatten gezeigt, dass Rinderzähne eine hohe Ähnlichkeit mit menschlichen Zähnen aufweisen. Gleichzeitig sind solche Zähne viel jünger und ohne Vorgeschichte von Zahnbehandlungen oder Zähneputzen.

Wo steckt das Zink?

„Zuerst haben wir feine Schnitte gemacht und diese unter einem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Diese Bilder zeigten, dass das Material zwischen den einzelnen Tubuli nahezu perfekt homogen ist“, sagt Mantouvalou, verantwortlich für das HZB SyncLab. Anschließend untersuchte das Team die Zähne mit verschiedenen zahnmedizinischen und industriellen 3D-Röntgentomographiesystemen, um die dreidimensionale Mikrostruktur, insbesondere die Dichte des Materials, zu kartieren. Wie erwartet nimmt die Zahndichte in der Nähe der Pulpa ab, weil in dieser Region immer mehr Tubuli liegen. Die quantitative Ermittlung der Mikrostruktur ermöglichte es, das Material korrekt zu modellieren und die experimentellen Daten aus einer weiteren umfangreichen Messreihe auszuwerten, der Mikro-Röntgenfluoreszenzspektroskopie. „Wir haben die Signale vieler Elemente aufgezeichnet, insbesondere von Kalzium, Phosphor und Zink. Während Kalzium und

Phosphor, die beide aus den Nanokristallen des Dentins stammen, gleichmäßig verteilt sind, haben wir einen sehr starken Anstieg der Zinkkonzentration von außen nach innen, d. h. in Richtung Pulpa, beobachtet und quantifiziert“, sagt Mantouvalou.

Was folgt daraus?

„Diese Ergebnisse sind für die weitere Verbesserung der Zahnmedizin interessant, beispielsweise wenn es darum geht, ob für bestimmte Zahnbehandlungen eher Materialien mit niedrigem oder eher hohem Zinkgehalt empfohlen werden sollten“, erklärt Zaslansky. In gesunden Zähnen ist Zink im Dentin eingeschlossen. Bei Karies oder durch Wurzelkanalbehandlungen mit zinkhaltigen Pasten könnten jedoch bestimmte Enzyme chemisch aktiviert werden, die negative Auswirkungen haben. „Um unsere Hypothese zu bestätigen, die auf Rinderzähnen basiert, sind nun Studien an menschlichen Zähnen erforderlich.“

Zink als Indikator

Ein weiterer wichtiger Punkt: Die Studie zeigt, dass Zink als Indikator für die Bestimmung der Mineralstoffdichte von Knochenmaterial dienen könnte. „Die Knochendichte ist für viele Patientinnen und Patienten ein großes Thema: Jeder weiß, dass wir Kalzium und mehr Mineralien für starke Knochen brauchen. Aber vielleicht ist eigentlich ein ausgewogenes Verhältnis der Mikroporosität das, was wir wollen?“, vermutet Zaslansky und kommt zu dem Schluss: „Wir haben überraschenderweise festgestellt, dass Zink wahrscheinlich als empfindlicher Indikator für Gradienten in der Materialdichte verwendet werden kann, die sich im Laufe des Lebens verändern können. Die Dichte hängt mit der mechanischen Leistungsfähigkeit des Knochengewebes zusammen und sollte weder zu hoch noch zu niedrig sein, um im menschlichen Körper ihre Funktion zu erfüllen. Mit hochsensitiven Methoden wie der Röntgenfluoreszenz können wir möglicherweise Dichteveränderungen im Laufe des Alterungsprozesses überwachen.“

Anmerkung:

Die Kooperation fand im Rahmen des von der DFG geförderten Programms „[FOR 2804: Werkstoffkunde von Zähnen in Funktion](#)“ statt