

Mit Fangnetz und Lichtschalter gegen Superkeime

Ein neues Gel könnte resistente Bakterien in Wunden und rund um Implantate bekämpfen und gleichzeitig die Heilung fördern. In Tierversuchen mit dem von der natürlichen Immunabwehr inspirierten Hydrogel zeigen sich bereits vielversprechende Resultate.

In Kürze:

- Ein neuartiges Hydrogel – also ein wasserbasiertes Gel – bekämpft nicht nur Bakterien, sondern beruhigt Entzündungen und fördert so aktiv die Wundheilung.
- Das Material wirkt wie ein Netz, das Bakterien einfängt und sie ausgelöst durch einen Lichtimpuls abtötet.
- In Tierversuchen zeigte das Gel eine starke Wirkung gegen den antibiotikaresistenten Keim MRSA und beschleunigte die Heilung von Wunden.

Bakterielle Infektionen verursachen weltweit rund 7,7 Millionen Todesfälle pro Jahr, und die zunehmende Resistenz von Bakterien gegen Antibiotika verschärft das Problem weiter. Gerade Infektionen in Wunden sind aber nicht nur zunehmend schwer behandelbar, sondern behindern gleichzeitig auch die Heilung des umliegenden Gewebes. Dies, da sie eine fehlgeleitete Entzündungsreaktion verursachen bei der das Immunsystem dauerhaft aktiviert bleibt, gesundes Gewebe schädigt und die für die Heilung nötigen Reparaturprozesse blockiert. Antibiotika können hier, selbst wenn sie gegen die Keime wirksam sind, nicht viel ausrichten.

Wie die Proteinnetze unserer Immunzellen

Genau hier setzt ein neuer Ansatz an, den ETH-Professor Raffaele Mezzenga und sein Team gemeinsam mit Forschenden der Shanghai University kürzlich in der Fachzeitschrift [Nature Communications](#) vorgestellt haben.

Inspiziert ist er von den netzartigen Proteinstrukturen, die Immunzellen freisetzen, um Krankheitserreger einzufangen und unschädlich zu machen. Diese sogenannten Neutrophil Extracellular Traps, kurz NETs sind eine Art natürlicher «Fangnetze», die verhindern, dass sich Infektionen im Körper ausbreiten.

Versuche, solche Strukturen künstlich nachzuahmen, gab es bereits. Doch die dabei verwendeten synthetischen Materialien erwiesen sich zum Teil als zu wenig stabil, nicht genügend verträglich oder aber wenig wirksam gegen resistente Keime.

Antibakterielles Enzym mit Infrarotlicht aktiviert

«Im Gegensatz zu vielen synthetischen Ansätzen setzen wir auf ein natürliches, proteinbasiertes System,» erläutert Mezzenga. Ihr Gel wird aus Hühnereiweiss gewonnen und besteht aus einem dichten Geflecht winziger Proteinfasern aus in dieser Form noch inaktivem Lysozym – einem antibakteriellen Enzym, das auch im menschlichen Körper vorkommt. Das Gel wirkt in dieser Form wie ein physisches Netz, das sich über die Wunde legt und darin enthaltene Bakterien festhält.

Der entscheidende Schritt für die Aktivierung des Enzyms erfolgt erst auf Knopfdruck: Wird das Gel

mit Nahinfrarot-Licht bestrahlt – einer schonenden, wenig invasiven Methode –, erwärmt sich ein dafür gezielt eingelagertes Farbmolekül. Durch die Wärme, die das Farbmolekül generiert, löst sich wiederum ein Teil des Faser-Netztes vorübergehend auf und einzelne Lysozym-Moleküle werden freigesetzt. In diesem Zustand sind sie biologisch aktiv, wie man es nennt: Sie greifen gezielt die Zellwände der Bakterien an und töten diese ab.

Heilung statt Dauerentzündung

Parallel dazu setzt das Gel bei Lichtaktivierung Magnesiumionen frei. Diese wirken nicht antibakteriell, sondern beruhigen gezielt das Immunsystem: Entzündungsfördernde Immunzellen werden in einen regenerativen Zelltyp umprogrammiert. Statt Entzündungsreaktionen aufrechtzuerhalten, unterstützen die Zellen nun aktiv die Gewebereparatur – und fördern so die Heilung, anstatt sie zu behindern.

Sobald der Lichtimpuls endet, finden sich die Proteinfasern wieder zu einem stabilen Netz zusammen. Das Gel wird erneut zu einem Gerüst, das den Zellen Halt gibt und die Regeneration des Gewebes unterstützt.

Die Besonderheit des Hydrogels liegt also in der Reversibilität der Fasern: Sie können sich öffnen und wieder zusammenfinden. «Unsere Technologie kombiniert antibakterielle Wirkung, Entzündungshemmung und Wundheilung. Insbesondere für diabetische Patient:innen mit chronischen Wunden oder solche mit Antibiotikaresistenzen, könnte dies dereinst neue Möglichkeiten eröffnen», sagt Qize Xuan von der Universität Shanghai, Erstautor der Studie und ehemaliger Gastdoktorand in Mezzengas Labor.

Bakterienlast in Tierversuchen um 95 Prozent reduziert

Getestet wurde das Hydrogel bereits in präklinischen Studien an Mäusen und Schweinen. Im Mausmodell reduzierte das Gel die Bakterienlast in einer mit dem antibiotikaresistenten MRSA-Keim-infizierten Wunde um über 95 Prozent. Die behandelte Wunde verschloss sich zudem nahezu vollständig innerhalb von 15 Tagen, während unbehandelte Kontrollwunden deutlich verzögert heilten. Auch im Schweinmodell zeigte sich eine beschleunigte Wundheilung und eine deutlich geringere bakterielle Besiedlung. Zudem schuf das Material ein günstiges Umfeld für die Neubildung von Knochen- und Weichgewebe.

Das Gel, das direkt auf der Wunde aufgetragen wird, verbleibt während des Heilungsprozesses auf der Wunde. Es zieht in das Gewebe ein und baut sich schrittweise selbst ab, während sich das Gewebe regeneriert.

Bis das Gel dereinst die Patient:innen erreichen könnte, ist es aber noch ein langer Weg. Als nächster Schritt sind klinische Studien nötig. «Dafür suchen wir jetzt industrielle Partner», sagt Mezzenga. «Solche Studien sind aufwendig, teuer und nur in enger Zusammenarbeit mit Kliniken realisierbar.»

Literaturhinweis

Xuan Q, Li H, Gao Y, Qiao X, Feng Y, Yu X, Cai J, Jin T, Liu B, Peydayesh M, Su J, Fischer P, Wang P, Chen C, Zhou J, Mezzenga R: Photo-reversible amyloid nanoNETs for regenerative antimicrobial therapies. Nature Communications, 10. Dezember 2025, DOI: [10.1038/s41467-025-65976-6](https://doi.org/10.1038/s41467-025-65976-6)