

Der simulierte Patient

Personalisierte Medizin

Wo herkömmliche Therapien ungenau und kaum steuerbar sind, wären digitale Zwillinge eine erstrebenswerte Lösung. Mit Hilfe des in silico-Gegenübers liesse sich etwa die Schmerzbehandlung verbessern, indem er eine präzise und vorausschauende Dosierung ermöglicht. Empa-Forschende haben nun mehrere hundert solcher Avatare auf der Basis von realen Menschen modelliert und experimentell behandelt. Erstmals erhielten die digitalen Zwillinge dabei Rückmeldungen von echten Patientinnen und Patienten, dank derer die Empa-Forschenden die Therapie dann weiter optimieren konnten.

Die enormen Fortschritte in der modernen Medizin erlauben uns, Patientinnen und Patienten selbst während schwerer Erkrankungen eine verbesserte Lebensqualität zu ermöglichen. Mit synthetischen Opiaten beispielsweise lassen sich selbst starke Schmerzen während einer Krebserkrankung kontrollieren. Die exakte Dosierung stellt allerdings noch immer eine Herausforderung dar. Die Schmerzmittel, etwa Fentanyl, müssen präzise verabreicht werden, damit sie wirksam sind, ohne die Betroffenen mit teils lebensgefährlichen Nebenwirkungen zu schaden. Derzeit werden derartige Schmerzmittel unter anderem durch ein Medikamentenpflaster über die Haut verabreicht – eine schonende Methode, die dabei hilft, den Patienten die Rückkehr in den Alltag zu ermöglichen. Allerdings lässt sich die passende Dosierung lediglich ausprobieren. So sind die Reaktionen auf eine Unter- oder Überdosierung immer erst im Nachhinein feststellbar, wenn das Medikament das Pflaster längst verlassen hat.

Das soll nun anders werden: Damit die Schmerzmitteldosierung im Sinne einer personalisierten Medizin für jeden einzelnen Patienten ermittelt und konstant gehalten werden kann, nutzen Empa-Forschende zusammen mit einem Team der Universität Bern das innovative Forschungsfeld der Computer- und Datenwissenschaften. Das Team um Thijs Defraeye vom «Biomimetic Membranes and Textiles» Labor der Empa in St. Gallen entwickelt mit multiphysikalischen Modellierungen einen digitalen Zwilling des menschlichen Körpers, der die Steuerung und Vorhersage des Therapieverlaufs erlaubt.

Bereits mehrere Hundert Avatare behandelt

In den mathematischen Modellen, auf denen der komplexe digitale Doppelgänger basiert, haben die Forschenden eine Vielzahl von Variablen von realen Menschen wie etwa Alter und Lebensstil berücksichtigt. Denn die Wirkung eines Medikaments wird von einer Fülle an körperlichen Parametern beeinflusst, die individuell sehr unterschiedlich sein können. «Wir berücksichtigen bei der Erstellung eines Avatars beispielsweise, wie das Medikament bei der Behandlung im lebenden Körper verstoffwechselt wird und wieviel letztlich im Schmerzzentrum im Gehirn des Menschen eintrifft», erklärt Empa-Forscher Defraeye.

Damit die Dosierung aber nicht nur sicher ist, sondern auch den gewünschten Effekt erzielt, kann der in silico-Zwilling zudem physiologische und psychologische Rückmeldungen von realen Patienten erhalten. Hierzu gibt der Mensch beispielsweise Auskunft, ob und in welcher Intensität er den Schmerz weiterhin wahrnimmt. Von besonderem Interesse ist hierbei die Länge der schmerzfreien Zeit. Und weil nicht jeder Tag ein guter Tag ist, und das Leben voll von unvorhergesehenen

Ereignissen, variiert auch die effektive Schmerzempfindung der Betroffenen viel stärker, als dass ein Arztbesuch alle zwei Wochen darauf eingehen könnte. «Mit diesem Feedback des Menschen kann der Avatar die Therapie dynamisch anpassen und den Verlauf sogar vorhersagen», sagt Empa-Forscherin Flora Bahrami. Künftig sollen Sensoren auch weitere physiologische Parameter wie Herzschlag oder Atmungsfrequenz in Echtzeit messen und an den Avatar zurückmelden.

In Testphasen wurden bisher mehrere Hundert derartig personalisierte Avatare geschaffen und individuelle Therapieabläufe gemeinsam mit dem Kantonsspital St. Gallen virtuell getestet. «Wir konnten bereits zeigen, dass sich die optimalen Behandlungsprogramme für Frauen und Männer sowie für jüngere und ältere Menschen deutlich voneinander unterscheiden», so Bahrami.

Die Schmerztherapie durch transdermal wirkende Pflaster ist hierbei erst der Anfang der Avatar-assistierten Behandlung: In Zusammenarbeit mit Kliniken und Spitälern wollen die Empa-Forschenden nun weitere Therapien wie die Insulingabe bei Diabetes durch digitale Zwillinge optimieren.

Digitalisierung gegen Food-Waste

Digitalisierung kann nicht nur in der Medizin grosse Fortschritte ermöglichen, sondern auch in anderen Bereichen – etwa in der Lebensmittel-Technologie. Erst kürzlich wurde das Empa-Team um Thijs Defraeye mit einem Preis der «Inclusive Growth and Recovery Challenge» von data.org ausgezeichnet. Die hochdotierte Auszeichnung wird von der «Rockefeller Foundation», und dem «Mastercard Center for Inclusive Growth» gestiftet. Ziel des gemeinsamen Projekts mit der Stiftung BASE («Basel Agency for Sustainable Energy»): Über Computermodelle und mobile Apps eine nachhaltige Landwirtschaft fördern und die ökologische und ökonomische Situation für landwirtschaftliche Kleinbetriebe in Entwicklungsländern verbessern. Entscheidend ist hier die Datenverarbeitung und -modellierung von Parametern aus der Landwirtschaft, Technik und den aktuellen ökonomischen Gegebenheiten, um Kleinbetriebe in Echtzeit zu einem vorausschauenden Umgang mit ihren Produkten zu befähigen. Denn derzeit müssen in Entwicklungsländern bis zu 60% der Ernten derartiger Betriebe entsorgt werden, da Früchte und Gemüse verderben, bevor sie den Markt erreicht haben.

Diesem immensen Food-Waste wollen die Forschenden entgegenzutreten. «Am Ende dieser Technologieentwicklung soll eine Anwendung für Mobiltelefone stehen, die einen nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen während der Lagerung, Kühlung und dem Verkauf der Ware unterstützt», sagt Empa-Forscherin Seraina Schudel. Das Grossprojekt stellt für die Empa-Forschenden auch eine exzellente Grundlage dar, um das Gebiet der Computer- und Datenwissenschaften und besonders der digitalen Zwillinge für diverse Anwendungen weiterzuentwickeln.