

Digitale Assistenten

Roboter erweitern das Spektrum des Menschenmöglichen in der Chirurgie. Auch wenn die Technik übermächtig erscheint – über den OP-Erfolg entscheidet nach wie vor die Kunst des Operateurs

Feiner als ein Menschenhaar ist der Faden. Er steckt in einer winzigen Nadel, die der Arm des OP-Roboters über das hell ausgeleuchtete Areal bewegt. Auf dem OP-Feld: ein klitzekleines Kunstgefäß aus Silikon, dessen Enden miteinander vernäht werden sollen.

Ein zweiter Roboter spielt die Bilder des Geschehens dreidimensional und neunfach vergrößert auf das Headset von Tobias Hirsch. Der Chefarzt der Plastischen Chirurgie am Universitätsklinikum Münster und in der Fachklinik Hornheide dirigiert den Vorgang aus zwei Meter Entfernung mit Joysticks. Bewegt Hirsch seine rechte Hand nach oben, führt der Symani-Roboter einen Nadelstich im Gewebe aus. Eine Kreisbewegung übersetzt der digitale Assistent in einen kunstvollen Knoten. „Ich mache eine große Bewegung, und der Roboter überträgt sie für mich in eine kleine“, erklärt Hirsch. Ein bis zu 20-facher Zoom ist möglich – aus drei Zentimetern werden 1,5 Millimeter.

Mit der innovativen Operationsmethode schließen der Plastische Chirurg und sein Team Defekte in Geweben, beispielsweise wenn ein Tumor entfernt wurde oder ein offener Bruch nicht mehr heilt. Als erstem Krankenhaus weltweit ist es in Hornheide gelungen, zwei robo-

tische Systeme zu kombinieren. Seit Sommer 2022 kommt das Verfahren dort zum Einsatz.

Mehr Präzision und neue Blickwinkel

Wo menschliche Fähigkeiten an ihre Grenzen stoßen, weiten OP-Roboter das Spektrum des chirurgisch Machbaren aus. Sie verfeinern manuelle Fertigkeiten oder gewähren Einblicke in Körperhöhlen. Das hilft überall dort, wo es feinmotorisch diffizil, schwer zugänglich oder räumlich eng wird. Zum Beispiel beim passgenauen Einsetzen von Knie- und Hüftimplantaten, bei endoskopischen Eingriffen in der Viszeralchirurgie, Gynäkologie und Urologie oder bei mikrochirurgischen Operationen an Oberflächenstrukturen, etwa in der Handchirurgie, der Plastischen Chirurgie und der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde.

Roboterassistierte OP-Verfahren können Chirurginnen und Chirurgen heute an ausgewählten Stellen unterstützen. Aber keinesfalls ersetzen! Auch wenn der Arzt hinter der raumgreifenden Technik fast zu verschwinden droht – über den OP-Erfolg entscheidet immer noch der Mensch. Experten sind sich einig: Das Können des Chirurgen und das Zusammenspiel von Operateur ►

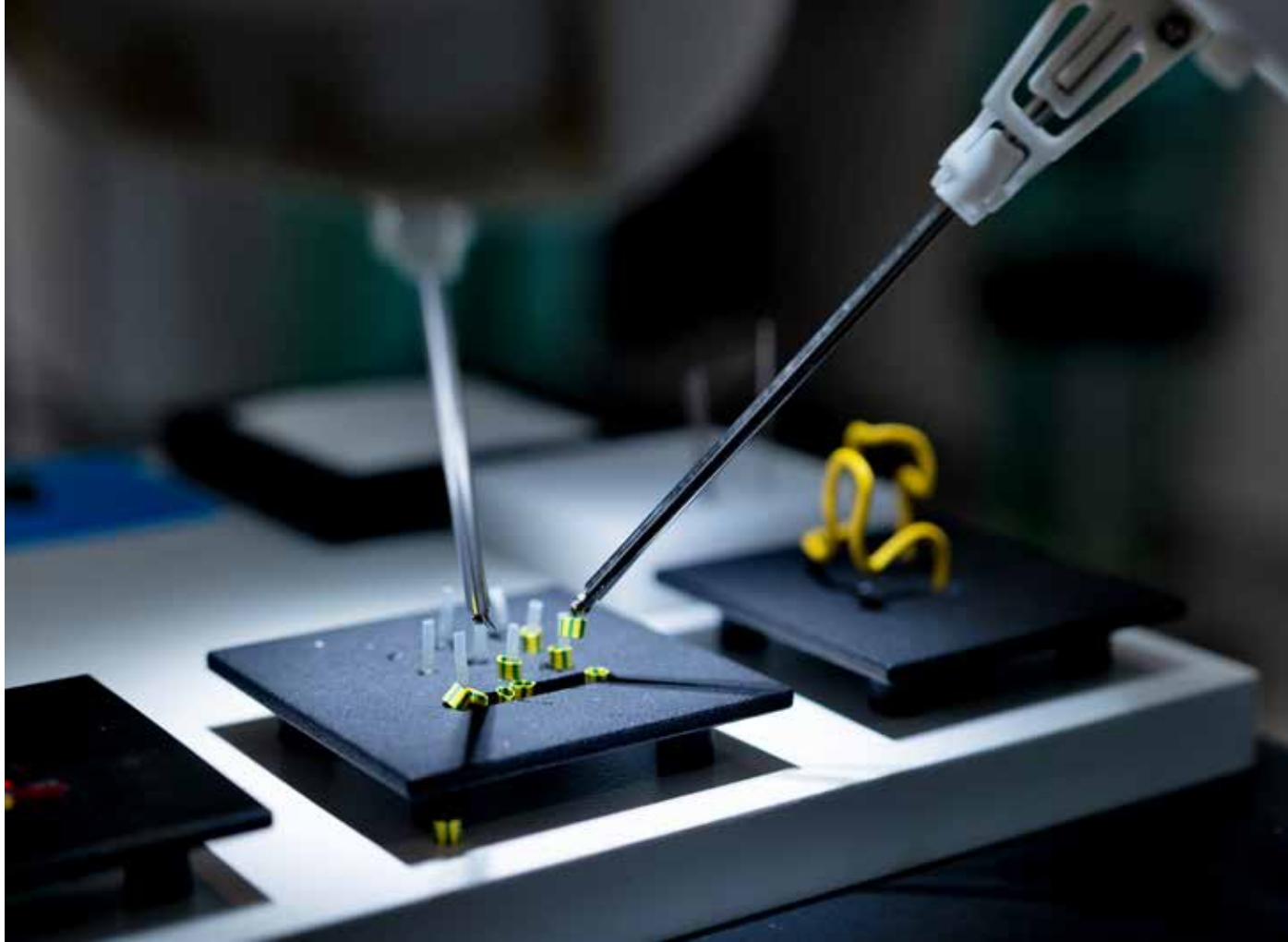


RoboticScope

Foto: Severin Wohlleben für FOCUS-Gesundheit

Zusammenspiel

Chefarzt Tobias Hirsch steuert den OP-Roboter beim Vernähen winzigster Gefäße. Ein zweiter Roboter spielt die Strukturen, die für das bloße Auge kaum sichtbar sind, auf die Datenbrille



und Roboter ist maßgeblich dafür, ob und wie Patientinnen und Patienten von der Technik profitieren.

Da Vinci schaut durchs Schlüsselloch

Für Tobias Keck, der am Campus Lübeck des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein die Klinik für Chirurgie leitet, führt an robotergestützten Eingriffen kein Weg vorbei. „OP-Roboter ermöglichen zitterfreies Operieren, bieten eine detailreiche Sicht auf das OP-Feld und deutlich mehr Bewegungsfreiheit beim Schneiden oder Nähen“, erklärt der Spezialist für Viszeralchirurgie. Als Exzellenzzentrum für minimalinvasive Chirurgie fühlt sich die Klinik der Weiterentwicklung schonender Operationstechniken verpflichtet. Die navigierte Chirurgie spielt dabei eine wichtige Rolle. „In ein paar Jahren werden wir bis auf wenige Ausnahmen alle Operationen robotisch assistiert durchführen“, ist sich Keck sicher. Das Gerät, das in Lübeck zum Einsatz kommt, ist bereits ein Klassiker. Im OP-Zentrum steht einer von schätzungs-

Kleingezoomt Der OP-Roboter überträgt die Gesten des Operators in Minimalstbewegungen – und filtert dabei das natürliche Zittern der Hände heraus

Hochvergrößert Über die Datenbrille rückt ein Mikroskop-Roboter das winzige Operationsgeschehen in den Blick des Chirurgen – dreidimensional und in neunfacher Vergrößerung





»
In der Supermikro-
chirurgie kommen
unsere Hände an ihre
Grenzen. Hier ist der
Computer ein echter
Gamechanger



«
Prof. Tobias Hirsch, Chefarzt
der Plastischen Chirurgie am
Universitätsklinikum Münster und
in der Fachklinik Hornheide



weise 300 Da-Vinci-Robotern in Deutschland. 1999 wurde das System erstmals vorgestellt, bis Ende 2023 sind nach Angaben des US-amerikanischen Herstellers Intuitive Surgical weltweit mehr als 8600 Da-Vinci-Operationssysteme in Krankenhäusern installiert worden. In Kecks Klinik stieg die Zahl der OPs, die damit durchgeführt wurden, in den vergangenen Jahren sprunghaft an. „Unser Da Vinci ist maximal ausgelastet.“

Der Roboter arbeitet im Körperinneren. Die Chirurgeninnen und Chirurgen nutzen ihn für sogenannte laparoskopische Eingriffe, bei denen feine Werkzeuge und eine Minikamera durch kleine Hautschnitte in der Bauchdecke in den Körper eingeführt werden. „Die starren Rohre der laparoskopischen Instrumente waren vorher für manchen Eingriff ein Hindernis“, erinnert sich

Tiefenentspannt Die Steuerung über Joysticks aus der Ferne erlaubt Operierenden eine ergonomische Sitzhaltung. Die zahlt auch aufs OP-Ergebnis ein

Keck. Nun können die OP-Instrumente und die Kamera an vier Roboterarmen befestigt werden, die sich in alle Richtungen bewegen lassen. „Wir setzen den Da Vinci für sehr komplexe Operationen ein, etwa an der Bauchspeicheldrüse, der Speiseröhre oder dem Rektum – Eingriffe, die bis vor wenigen Jahren nur per Bauchschnitt operiert werden konnten“, erzählt Keck. Die betreffenden Organe befinden sich tief im Inneren des Körpers, wo wenig Platz ist und Nerven und Gefäße eng beieinanderliegen.

Mit den neuen Roboterassistenzsystemen könne man heute fast alle Operationen im Bereich des Bauchs und des Brustkorbs minimalinvasiv durchführen, so Keck. „Der Roboter kombiniert die Vorteile der offenen OP – guter Blick, Bewegungsfreiheit der Instrumente – mit dem der Laparoskopie: wenig Gewebeverletzung.“ Aktuell nutzt die Viszeralchirurgie diese Vorteile vor allem bei der Darmkrebs-OP: Laut Krankenhausstatistik DRG wurde 2020 ein gutes Drittel der kolorektalen Eingriffe roboterassistiert durchgeführt. Tendenz steigend.

Die Vorteile eines Roboters: Er zittert nicht

Tobias Hirsch und sein Team in Münster operieren an der Oberfläche. Die Herausforderung in ihrem Fachgebiet der Plastischen Chirurgie: Defekte in Geweben mit einem Transplantat zu verschließen. „Wir entnehmen dazu von einer gesunden Stelle einen Gewebekblock aus Muskel, Faszie, Fett, Haut mit den dazugehörigen Blutgefäßen – einen sogenannten Flap – und schließen diesen an der verletzten Stelle wieder an“, erklärt Hirsch. Das Verfahren verlangt höchste Präzision. „Die Verbindung zwischen den beiden Gefäßen muss perfekt genäht sein, weil sonst Gerinnsel entstehen, sodass die Gefäße verstopfen und das Transplantat nicht überlebt.“ Je kleiner der Defekt und die Gefäße, desto gefragter ist der ruhige Arm des Symani-Roboters. „Unter einem Millimeter Durchmesser, im Bereich der Supermikrochirurgie, kommen wir mit den herkömmlichen Operationsmethoden technisch an unsere Grenzen. Das Zittern und die natürlichen Bewegungen der Hand sind einfach zu grob dafür“, erklärt Hirsch.

Eine weitere Problematik: Um die winzigen Gefäße zu erkennen, mussten die Operateure ihre Lupenbrillen dauerhaft ins OP-Gebiet richten. ►



Blick in die Zukunft

In der Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik in Lübeck üben Studierende und junge Ärztinnen und Ärzte robotisches Operieren

Oft standen sie stundenlang unangenehm verrenkt da. „Man ermüdet schneller, es schleichen sich häufiger Fehler ein“, sagt Hirsch. Zudem bekomme man Beschwerden an der Halswirbelsäule. Mit dem Einsatz des zweiten Roboters, der mikroskopische 3D-Aufnahmen einspielt, können die Chirurgen nun bei bester Sicht entspannt und bequem im Sitzen operieren.

Patientinnen und Patienten dürften künftig flächendeckend auf bessere OP-Ergebnisse hoffen, ist Chirurg Hirsch überzeugt. Noch vor wenigen Jahren hätten nur eine Handvoll Menschen weltweit im Bereich der Supermikrochirurgie erfolgreich operiert. In Zukunft könne es fast jede Chirurgin und jeder Chirurg erlernen. „Der Roboter ist hier ein echter Gamechanger“, so Hirschs Prognose.

Noch verhindern hohe Kosten einen breiteren Einsatz der technischen Helfer. Das Symani-System in Münster schlägt mit knapp einer Million Euro für die Anschaffung zu Buche. Ein Da Vinci kostet mindestens zwei Millionen Euro. Dazu



In ein paar Jahren werden wir nahezu alle Operationen robotisch assistiert durchführen



Prof. Tobias Keck, Leiter der Klinik für Chirurgie am Campus Lübeck des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein

kommen die Ausgaben für die Wartung und das Material, oft mehrere Tausend Euro pro Eingriff.

Komplexe Technik erfordert Übung

Lohnt es sich für Patientinnen und Patienten heute schon, gezielt nach Kliniken mit robotergestützten OP-Verfahren Ausschau halten? Einzelne Untersuchungen deuten zwar auf Vorteile bei bestimmten Verfahren hin. So traten nach Operationen an der Speiseröhre im Nachhinein seltener Lungenentzündungen auf. Eingriffe am Mastdarm mussten seltener auf offenes Operieren umgestellt werden, was auf eine größere Sicherheit hindeutet. Bisherige Studien zeigen jedoch vor allem, dass robotisches Operieren herkömmlichen Verfahren „nicht unterlegen“ ist, wie es in der Fachsprache heißt.

Viszeralchirurg Tobias Keck rät Patientinnen und Patienten, darauf zu achten, dass die Klinik

mit der anstehenden Operation als solcher viel Erfahrung hat. Danach könnten Arzt und Patient entscheiden, ob ein robotergestützter Eingriff die passende OP-Variante ist. „Komplexe Technik erfordert Übung“, mahnt der Viszeralchirurg. „Kein Mensch würde eine Boeing fliegen, wenn er nicht zig Stunden im Simulator verbracht hat.“

In der Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik (IMTE), einen kurzen Fußweg von Kecks Klinik entfernt, können Studierende sowie junge Ärztinnen und Ärzte robotisches Operieren lernen. Noch werden dafür vor allem virtuelle Programme genutzt. In einigen Jahren sollen menschenrealistische „Probanden“ aus dem 3D-Drucker auf dem OP-Tisch liegen. Forschung an OP-Robotern ist das Ziel des Instituts. Unter anderem um sicherzustellen, dass Mensch und Maschine bei medizinischen Eingriffen gut miteinander kooperieren.

Der Operateur ist nicht mehr vor Ort

„In nicht allzu weiter Zukunft wird es keine Rolle mehr spielen, in welcher Klinik der Patient im OP liegt und von wo aus wir ihn operieren“, prognostiziert Keck. Damit schloss sich nach Jahrzehnten der Entwicklungsarbeit ein Kreis. Ins Leben gerufen wurden die OP-Roboter ursprünglich von der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA und dem US-Militär. Die Idee war, im Weltall oder an der Front operieren zu können, ohne vor Ort einen Arzt zu benötigen. Vor allem die Forschenden waren begeistert von den Innovationen. Medizinerinnen und Mediziner blieben lange skeptisch – auch Keck gehörte zu den Zweiflern. Diese Zeiten sind vorbei. Mehr als 70 Firmen haben mittlerweile Systeme für verschiedenste Eingriffe entwickelt. Noch verhindert die minimale Verzögerung in der Übertragung der Daten, dass Patienten aus der Ferne operiert werden. Auch daran arbeite man in Lübeck, sagt Keck.

Gefäßchirurg Tobias Hirsch wäre dann auf dem Aufmacherfoto nicht mehr zu sehen. Die feinen Roboterbewegungen würde er dennoch steuern – nicht aus zwei Meter, sondern vielleicht aus 200 Kilometer Entfernung. Von seiner Expertise könnten so auch Patientinnen und Patienten in entlegenen Kliniken profitieren. ■

CONSTANZE LÖFFLER

Fotos: Getty Images, Ullstein Bild, Annette Cardinale, Science Photo Library, Nimur at the English Wikipedia

Robotik im OP-Saal

Die roboterassistierte Chirurgie feiert Erfolge. Doch nicht alle Systeme haben sich bewährt. Stationen aus 40 Jahren Entwicklung

Das **US-Militär** entwickelt einen OP-Roboter, um Soldaten in entfernten Kriegsgebieten operieren zu können. Einen ersten Prototyp konstruiert die Stanford University

1980er



1992

Der **Robodoc** fräst bei Hüftimplantationen den Knochen. Das System arbeitet autonom nach Voreinstellungen. Mit fragwürdigem Erfolg. Unter anderem leiden Patienten unter „Robodoc-Hinken“

1999

Mit dem **Da Vinci** kommt ein Gamechanger auf den Markt. Der Roboter erlaubt hochpräzise Operationen auf kleinstem Raum. Rund 280 dieser OP-Roboter stehen in deutschen Kliniken

2001



Erste **transatlantische OP**. Am 7. September operiert Jacques Marescaux mit seinem Team von New York aus ferngesteuert und roboterunterstützt eine Patientin in Straßburg an der Gallenblase.

2017



Einführung **robotischer Assistenzsysteme**. Diese erstellen aus Daten, die während des Eingriffs von der realen Anatomie des Patienten erhoben und eingespeist werden, ein dreidimensionales Modell und die exakte OP-Planung.

2020er



Entwicklung von **Nanobots**. Roboter in Kleinstform, die in den Körper injiziert werden. Sie sollen Krebszellen erkennen und unschädlich machen.