

TRANSPLANTATION Ein italienischer Neurochirurg will den ersten menschlichen Kopf verpflanzen.

Kopf über Hals

VON CORINNA HARTMANN

Sergio Canavero liebt den großen Auftritt. Am 12. Juni 2015, bei der Jahreskonferenz der American Academy of Neurological and Orthopaedic Surgeons, verkündet er seinen kühnen Plan: Binnen der nächsten zwei Jahre will er die erste Kopftransplantation beim Menschen durchführen. Im Grunde wäre die Bezeichnung »Körpertransplantation« treffender für sein Vorhaben, soll der Patient doch einen neuen Leib für seinen Kopf erhalten. In dem Eingriff sieht der Neurochirurg, der bis zur Veröffentlichung seines umstrittenen Vorhabens am Universitätsklinikum Turin tätig war, die Lösung für bisher unheilbare Leiden. Könnte man einen kranken Körper einfach durch den eines hirntoten, aber sonst gesunden Spenders ersetzen, seien Diabetes, Krebs und Lähmungen kein Thema mehr, und, so sagt er, die Menschheit rücke der Unsterblichkeit ein Stück näher. Was nach Sciencefiction klingt, ist für Canavero keineswegs Zukunftsmusik: Im Dezember 2017 soll es so weit sein (nach Drucklegung dieser Ausgabe).

Wissenschaftler träumen schon seit mehr als einem Jahrhundert von der Verpflanzung des Hauptes und testeten dies bereits in etlichen Tierexperimenten. Den Anfang machte 1908 der US-amerikanische Physiologe Charles Guthrie, der gemeinsam mit dem Nobelpreisträger Alexis Carrel (1873–1944) bahnbrechende Erfolge

auf dem Gebiet der Vaskulärchirurgie erzielte. Zu eher fragwürdigem Ruhm verhalf ihm dagegen ein anderes Projekt. Er enthauptete einen Hund und nähte dessen Kopf seitlich an den Hals eines anderen. Die Arterien verband er so, dass das Blut zuerst in den zweiten Kopf floss, dann in den ursprünglichen. Zeigte das Tier anfangs noch Reflexe, verschlechterte sich sein Zustand innerhalb weniger Stunden, so dass man sich entschied, es zu töten.

In den Jahren darauf erschufen Wissenschaftler wiederholt solche Kreaturen. So führte der sowjetische Chirurg Wladimir Petrowitsch Demichow (1916–1998) in den 1950er Jahren eine ganze Reihe von Experimenten durch, bei denen er Kopf und Rumpf eines Welpen auf den Nacken eines ausgewachsenen Hundes transplantierte. Zunächst schien der Schäferhund Rylschi die Operation gut überstanden zu haben, fraß und bellte er doch mit beiden Köpfen. Drei Tage später mussten die Forscher allerdings seinen Tod bekannt geben. Der Rekordhalter unter Demichows zweiköpfigen Chimären überlebte fast einen Monat, die meisten verendeten jedoch wie Rylschi nach kurzer Zeit.

Ausgetauscht wurde ein Kopf erstmals 1970, als der US-amerikanische Hirnchirurg Robert White einem Rhesusaffen das Haupt eines Artgenossen aufsetzte. Das Tier war vom Hals abwärts gelähmt, konnte aber fressen, mit den Augen Bewegungen folgen und sogar aggressiv werden, bis es nach gut einer Woche an einer Abstoßungsreaktion des Immunsystems starb. Whites Kollege Jerry Silver, der das Experiment damals miterlebte, erinnert sich an das angstverzerrte Gesicht des Affen und plädiert seitdem öffentlich dafür, solche Versuche nicht zu wiederholen.

Sergio Canavero ist hingegen davon überzeugt, dass ein solcher Eingriff beim Menschen Anwendung finden



UNSERE AUTORIN

Corinna Hartmann ist Psychologin und arbeitet als Wissenschaftsjournalistin in Saarbrücken. Sie ist gespannt, welche medizinischen Innovationen die Zukunft bereithält.

Pioniergeist oder Größenwahn? Der Neurochirurg Sergio Canavero stellt sich mit seinem waghalsigen Vorhaben einer Kopftransplantation gegen sämtliche Fachkollegen. Die Wachsmodelle eines menschlichen Kopfes aus dem Turiner Anatomiemuseum (unten) lassen die Komplexität dieses Organs erahnen.

L.A.I.F. / MATTER REPRESENTS / PIERO MARTINELLO



L.A.I.F. / MATTER REPRESENTS / PIERO MARTINELLO



Auf einen Blick: Weg zum Ersatzkörper

1 Der italienische Hirnchirurg Sergio Canavero kündigt mit seinem Projekt »HEAVEN« die erste Kopftransplantation beim Menschen an.

2 Theoretisch könnte ein solcher Eingriff einem tödlich erkrankten Patienten zu einem neuen Körper verhelfen.

3 Die medizinischen Hürden sind allerdings enorm. Vor allem eine funktionsfähige Verbindung des Rückenmarks ist nach derzeitigem Forschungsstand nicht möglich.

sollte. Im Operationsprotokoll für das Projekt, das er euphemistisch »HEAVEN« (head anastomosis venture) nennt, beschreibt er sein Vorhaben: Sobald sich ein passender hirntoter Spender findet, der in Größe und Statur dem Patienten ähnelt, sollen zwei separate Chirurgenteams den Eingriff einleiten. Spender und Empfänger werden intubiert und künstlich beatmet. Anschließend kühlen die Ärzte den Kopf des Patienten auf 12 bis 15 Grad Celsius herunter. Dazu spülen sie die Blutgefäße mit eiskalter »Ringerlösung«, die der Elektrolytzusammensetzung des Blutes entspricht.

Heikle Prozedur

Letzteres klingt zwar gewagt, hat sich in der Praxis aber bereits bewährt. Hypothermie versetzt die Hirnzellen in eine Art Standby-Modus und reduziert so vorübergehend den Sauerstoffbedarf. Das macht man sich etwa bei Herz-Kreislauf-Stillständen und Schlaganfällen zunutze, um Hirnschäden zu vermeiden. Studien zeigen, dass Säugetiere unter gezielter Kühlung bis zu einer Stunde ohne Blutzirkulation überstehen, ohne größere neurologische Schäden davonzutragen.

In diesem Zeitfenster möchte Canavero den isolierten Kopf mit dem Spenderkörper verbinden. Nach der Kühlung werden Spender und Empfänger in eine aufrechte Sitzposition gebracht. Die beiden Chirurgenteams durchtrennen oberhalb des Schlüsselbeins vor-

sichtig alle anatomischen Strukturen: Muskeln, Speiseröhre, Luftröhre, Nerven sowie Blutgefäße, die sofort abgeklemmt werden. Das ist heikel – zwar können Neurochirurgen bei Bedarf heute schon eine Kopfschlagader abklemmen oder mit einem Schlauch überbrücken, aber nicht alle auf einmal.

Zwischen dem fünften und sechsten Halswirbel sollen die Teams das Rückgrat brechen. Eine eigens angefertigte Vorrichtung befördert dann den abgetrennten Kopf auf seinen neuen Körper, woraufhin die Operateure Gewebe, Muskeln, Nerven, Atem- und Speisetrakt sowie Venen und Arterien erneut verbinden; plastische Chirurgen vernähen anschließend die Haut. Der Blutfluss des Spenders erwärmt schließlich den Kopf wieder auf Körpertemperatur.

Nun wird der Patient für bis zu drei Wochen in ein künstliches Koma versetzt. Nachdem er erwacht ist, schult er gemeinsam mit Physiotherapeuten seine Bewegungsfähigkeit, während die lebenslange Einnahme von Immunsuppressiva die Gefahr einer Abstoßung minimiert. Soweit die Idee.

Die Transplantationsmedizin hat sich im letzten Jahrhundert rasant weiterentwickelt. Wir können Nieren, Lebern, Herzen, sogar Hände und ganze Gesichter verpflanzen. Warum nicht auch eines Tages Köpfe? Die größte Herausforderung wäre wohl die Verbindung der Rückenmarksstränge, damit der Patient seinen neu-

Der Körper macht den Geist

In der Kognitionswissenschaft hat sich ein ganzer Forschungszweig entwickelt, der sich mit der Bedeutung der Physis für Denken, Fühlen und Handeln beschäftigt. Studien zu diesem so genannten Embodiment zeigen, dass Körperliches sogar unsere Fähigkeit, Probleme zu lösen, beeinflusst.

So stellten die Psychologen Laura Thomas und Alejandro Lleras von der Vanderbilt University in Nashville ihre Probanden vor die Aufgabe, zwei von der Decke baumelnde Seile zu verknoten. Die Stricke hingen jedoch derart weit voneinander entfernt, dass sie sich nicht gleichzeitig erwischen ließen, und waren zu kurz, um ein Ende zu greifen und damit zum zweiten Seil zu gehen. Wer zuvor mit beiden Armen weit

ausholende Bewegungen vollführt hatte, kam eher auf die kreative Lösung: Mit einer im Raum liegenden Zange konnte man eines der Seile beschweren und so beim Schwingen bequem greifen.

Ein Vertreter der Embodiment-These ist Alva Noë, Philosophieprofessor an der University of California in Berkeley. Er postuliert, dass das Bewusstsein zwar auf neuronale Prozesse angewiesen sei, aber weit darüber hinausgehe; es entstehe nämlich erst durch die körperliche Interaktion mit der Umwelt. Noë wehrt sich gegen die Vorstellung, der Körper sei lediglich eine Art Roboter, der vom Hirn gesteuert wird und dieses am Leben erhält.

Psychon. Bull. Rev. 16, S. 719–723, 2009

en Körper auch steuern kann. Während verletzte Faserbahnen im peripheren Nervensystem nachwachsen, können sich durchtrennte Axone im zentralen Nervensystem nicht spontan regenerieren. Deshalb lassen sich Querschnittslähmungen so schwer behandeln.

Dafür will Canavero ebenfalls eine Lösung parat haben: die von ihm erdachte »GEMINI«-Methode – das Herzstück seines Plans. Dabei soll das Rückenmark mit einer besonders scharfen Klinge durchtrennt werden. Durch den glatten Schnitt sei es einfacher, die Enden zu verbinden, als nach einer natürlichen Verletzung. Den Kitt würde das in Medizin und Kosmetik häufig angewendete Polyethylenglykol (PEG) bilden, ein synthetischer Klebstoff, der möglicherweise das Wachstum von Nervenfasern anregt. Hinweise darauf liefert eine Tierstudie, in der sich querschnittsgelähmte Ratten nach der Behandlung mit dem Polymer wieder besser bewegen konnten.

»Das geht schief!«

Der Entwickler der viel versprechenden Technik, Hans Werner Müller von der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, zweifelt jedoch am Erfolg der Kopftransplantation. »Was Canavero da vorhat, geht schief; das habe ich ihm auch so gesagt«, mahnt er gegenüber »Spiegel Online«. PEG ließ die verletzten Axone der Versuchstiere nämlich nicht wieder sprießen; vielmehr wuchsen neue Zellausläufer aus dem Gehirn Richtung Rückenmark und aktivierten dort für die Bewegung der Beine verantwortliche Nervenzellen.

Als Testlauf für die »GEMINI«-Methode behandelten südkoreanische Forscher von der Konkuk University in Seoul, die eng mit Canavero zusammenarbeiten, einen Hund mit durchtrenntem Rückenmark mit PEG. Drei Wochen später konnte der Beagle angeblich wieder selbstständig laufen. Doch die Veröffentlichung liefert kaum Belege für den vermeintlichen Erfolg und taugt kaum als Rechtfertigung für einen Humanversuch.

Beim Menschen gelang es erst ein einziges Mal, beschädigtes Rückenmark zu reparieren. Der polnische Neurochirurg Pawel Tabakow vom Universitätsklinikum Breslau und seine Kollegen verhalfen 2013 einem 28-Jährigen, der nach einer Messerattacke von der Brust abwärts gelähmt gewesen war, zu ersten wackligen Schritten. Dank der Transplantation von Neuronen aus der Nase, welche die Lücke im Rückenmark überbrücken, kann er mittlerweile sogar wieder Auto fahren – ein echter Erfolg in der Therapie von Lähmungen, aber leider bislang ein Einzelfall.

Von all dem will Canavero nichts hören. Der Mann mit dem fast manischen Schaffensdrang treibt Aikido und Jiu-Jitsu, beherrscht nach eigenen Angaben acht Sprachen und bezeichnet sich als professionellen Verführer. Neben seinen medizinischen Publikationen verfasste er auch ein Buch mit dem Titel »Donne scoperte«, zu Deutsch »Enthüllte Frauen«, auf dem ein nackter Po

Experimentelle Vorläufer

1908

Der US-amerikanische Physiologe Charles Guthrie verpflanzt erstmals den Kopf eines Lebewesens auf den Körper eines anderen. Er näht den Kopf eines Hundes seitlich an den Hals eines anderen. Das Tier zeigt anfangs Reflexe, muss aber nach wenigen Stunden getötet werden.



1940

Dem sowjetischen Biomediziner Sergei Brukhonenko gelingt es, einen vom Körper abgetrennten Hundekopf, der über Schläuche mit einer Herz-Lungen-Maschine verbunden ist, kurze Zeit am Leben zu erhalten.



1954

Der sowjetische Chirurg Wladimir Petrowitsch Demichow transplantiert den vorderen Teil eines Welpen samt Vorderpfoten an den Nacken eines größeren Hundes. Eines seiner Versuchstiere überlebt fast einen Monat, die meisten sterben hingegen nach wenigen Tagen.

1970

Der US-amerikanische Neurochirurg Robert White entfernt den Kopf eines Rhesusaffen und setzt ihn auf den Körper eines Artgenossen, dessen eigener zuvor abgenommen wurde. Das Tier kann hören, sehen, riechen und schmecken, ist aber vom Hals abwärts gelähmt und stirbt nach neun Tagen.

1940: AUSSCHNITT AUS: EXPERIMENTS IN THE REVIVAL OF ORGANISMS. TECHFILM STUDIO, MOSKAU / PUBLIC DOMAIN. MEDICAL RESEARCH COUNCIL OF GREAT BRITAIN. (ID: 135.91478.009). OPTIKANSPLANTATIONEN DURCH: PHYSIOLOGEN, BEIRINGHOFF (P.01). CC BY-SA 3.0 DE (HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-SA/3.0/DE/LEGALCODE)

Meilensteine der Transplantationsmedizin

- 1883:** Einem Patient wird Schilddrüsengewebe implantiert, nachdem seine eigene Schilddrüse chirurgisch entfernt wurde.
- 1905:** Erste erfolgreiche Transplantation von Augenhornhaut
- 1954:** Erste erfolgreiche Nierentransplantation mit eineiigen Zwillingen als Spender und Empfänger; erste Verpflanzung eines ganzen Organs
- 1957:** Erste Knochenmarktransplantation
- 1958:** Die Entdeckung der humanen Leukozyten-Antigene, an denen das Immunsystem fremdes Gewebe erkennt, hilft, das Problem der Abstoßung in den Griff zu bekommen.
- 1967:** Erste Herztransplantation; Patient erliegt nach 18 Tagen einer Lungenentzündung.
- 1967:** Erste erfolgreiche Lebertransplantation
- 1970:** Entdeckung des immunsuppressiven Wirkstoffs Ciclosporin, der die Überlebenszeit von Transplantationspatienten stark verlängert
- 1983:** Erste erfolgreiche Transplantation eines Lungenflügels
- 1998:** Erste Handtransplantation
- 2000:** Erste Transplantation beider Hände
- 2005:** Erste Gesichtstransplantation; eine durch einen Hundeangriff entstellte Französin erhält Nase, Kinn und Lippen.
- 2008:** Erste erfolgreiche Transplantation beider Arme
- 2011:** Erste Kehlkopf- und Luftröhrentransplantation, durch die eine Patientin ihre Stimme wiedererlangt
- 2012:** Bisher aufwändigste Gesichtstransplantation inklusive Kiefer, Zunge und Zähnen
- 2014:** Erste erfolgreiche Penistransplantation
- 2014:** Erste erfolgreiche Uterustransplantation, durch die ein gesundes Kind zur Welt kommt

Bateman, C.: *World's First Successful Penis Transplant at Tygerberg Hospital. In: South African Medical Journal* 105, S. 251–252, 2015

Brännström, M. et al.: *Livebirth after Uterus Transplantation. In: The Lancet* 385, S. 607–616, 2015

Gander, B.: *Composite Tissue Allotransplantation of the Hand and Face: A New Frontier in Transplant and Reconstructive Surgery. In: Transplant International* 19, S. 868–880, 2006

Hakim, N. S., Papalois, V. E.: *History of Organ and Cell Transplant. Imperial College Press, London 2003*

prangt. In diesem soll der geneigte Leser lernen, mit Hilfe von »aktuellen neuropsychologischen Erkenntnissen über das weibliche Gehirn (...) den Körper der Frau zu sexuellen Zwecken zu manipulieren«. Für seine kranken Ideen und seinen Hang zur Selbstüberschätzung bekannt, sieht er sich als Vorreiter, als Visionär, der seiner Zeit voraus ist – wie einst Louis Pasteur, der für seine These, winzige Lebewesen verursachten gewisse Krankheiten, von seinen Zeitgenossen verlacht wurde.

Canaveros Pioniergeist birgt außerdem zusätzliche Risiken. Verzweifelte melden sich freiwillig für die unausgereifte OP – wie der Russe Valery Spiridonow, der an einer schweren Form des Muskelschwunds leidet. Durch die Krankheit sterben die motorischen Nerven im Rückenmark nach und nach ab, was letztlich zum Tod führen wird. Geistig bleibt der 30-jährige Programmierer dabei jedoch völlig klar. Dank seinem Fortschrittsglauben und dem Vertrauen in die selbstbewussten Prognosen Canaveros sieht er den Eingriff als letzten Ausweg.

»Ein naiv-simplizistisches Menschenbild«

Doch selbst wenn die Chirurgen alle medizinischen Hindernisse überwinden sollten: Niemand weiß, wie die menschliche Psyche darauf reagiert, wenn man plötzlich mit einem fremden Körper aus der Narkose erwacht. In Einzelfällen scheitern Transplantationen sogar an den seelischen Auswirkungen: Clint Hallam, dem ersten Mann, der eine neue Hand erhielt, musste diese gut zwei Jahre darauf wieder abgenommen werden, weil er die Gliedmaße eines Verstorbenen nie als seine eigene akzeptierte.

Transplantationspatienten werden therapeutisch begleitet, damit sie mit der belastenden Situation zurechtkommen. Nicht selten treten Fragen wie »Bin ich immer noch derselbe wie vorher?« und Schuldgefühle gegenüber dem Spender auf. Mit dem Körperteil verändern sich ebenfalls die Hirnareale, welche die einzelnen Körperregionen repräsentieren. So entstehen beispielsweise Phantomschmerzen nach Amputationen. Ein kompletter Austausch des Körpers könnte demnach ungeahnte Folgen haben.

Bedenken äußert auch der Medizinethiker Bert Heinrichs von der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn: »Die Idee, den Körper einfach wie ein Ersatzteil austauschen zu können, zeugt von einem naiv-simplizistischen Menschenbild. Die Philosophie hat sich mittlerweile weitgehend von einem strikten Leib-Seele-Dualismus verabschiedet. Diesen sollten wir jetzt nicht einfach durch die Trennung in das Gehirn als Sitz des Bewusstseins und den Körper als maschinelles Anhängsel ersetzen« (siehe »Der Körper macht den Geist«, S. 66).

Mittlerweile wurden Valery Spiridonows Hoffnungen indes zerschlagen, als Canavero bekannt gab, dass die umstrittene OP in China stattfinden soll und somit nur ein chinesischer Staatsbürger in Frage kommt. Tat-



DPA / TASS / SERGEI FADEICHEV

Valery Spiridonow leidet seit seiner Geburt an spinaler Muskelatrophie. Er machte sich Hoffnungen, für die erste Kopftransplantation ausgewählt zu werden. Sie wird nun aber doch nicht bei ihm durchgeführt.

sächlich könnte keine westliche Ethikkommission diesen Menschenversuch genehmigen.

Genauer Ort des Geschehens soll nun die Universität in Harbin sein, an der Xiaoping Ren praktiziert: ein Chirurg, der an der ersten Handtransplantation beteiligt war und Canaveros Ideen gegenüber aufgeschlossen ist. Bereits 2013 tauschte Ren die Köpfe einer Reihe von Mäusen aus und schuf so weiße mit schwarzem Kopf und umgekehrt. Die Nagetiere konnten zwar blinzeln und ihre Schnurrhaare bewegen, waren jedoch vom Hals abwärts gelähmt. 2017 verpflanzte er den Vorderteil einer jungen Ratte in den Nackenbereich einer ausgewachsenen – ähnlich wie bei Wladimir Demichows Hunden. Im Jahr zuvor folgte er Robert Whites Beispiel und transplantierte einem Affen einen Kopf, unternahm aber keinen Versuch, das Rückenmark an den neuen Körper anzuschließen. Der tierische Proband musste nach 20 Stunden eingeschlafert werden. Seitdem schlägt der Chinese leisere Töne an und gibt zu: Bis zum ersten Menschenversuch könnte es noch dauern.

»Es gibt schlimmere Zustände, als tot zu sein. Es ist gut möglich, dass der Patient anschließend zwischen Leben und Tod dahinvegetiert«, mahnt der Präsident

der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie Walter Stummer. »Jeder einzelne Schritt dieses gewaltigen Vorhabens ist komplex und fehleranfällig. Hintereinandergeschaltet summiert sich das Risiko. Canavero bastelt sich hier ein Konzept aus bereits etablierten Techniken und Grundlagenforschung zusammen. Hinzu kommt, dass man bei einem Patienten mit einer neurologischen Vorerkrankung wie Valery Spiridonow sogar ein gesundes mit einem kranken Rückenmark verbinden müsste. Dieses zusätzliche Problem thematisiert er nicht einmal.«

Es bleibt also mehr als fraglich, ob die Kopftransplantation in absehbarer Zeit stattfinden wird. Man müsste nicht nur alle rechtlichen Hürden nehmen, sondern auch eine ganze Mannschaft an Top-Chirurgen zusammenstellen, die sich alle auf den unausgereiften Plan einlassen.

Sergio Canavero inszeniert sich zwar gerne als moderner Doktor Frankenstein, könnte die Operation aber gar nicht selbst durchführen – dazu fehlt ihm das entsprechende Knowhow. Doch der Tausendsassa hat längst ein neues Projekt: Innerhalb der nächsten drei Jahre möchte er das erste Gehirn verpflanzen. ★

QUELLEN

- Canavero, S.: HEAVEN: The Head Anastomosis Venture Project Outline for the First Human Head Transplantation with Spinal Linkage (GEMINI). In: *Surgical Neurology International* 4, S. 335–342, 2013
- Estrada, V. et al.: Long-Lasting Significant Functional Improvement in Chronic Severe Spinal Cord Injury Following Scar Resection and Polyethylene Glycol Implantation. In: *Neurobiology of Disease* 67, S. 165–179, 2014
- Tabakow P. et al.: Transplantation of Autologous Olfactory Ensheathing Cells in Complete Human Spinal Cord Injury. In: *Cell Transplantation* 22, S. 1591–1612, 2013
- Thomas, L. E., Lleras, A.: Swinging into Thought: Directed Movement Guides Insight in Problem Solving. In: *Psychonomic Bulletin and Review* 16, S. 719–723, 2009

Weitere Quellen im Internet: www.spektrum.de/artikel/1519039