

Bahnbrechende Entdeckung aus Italien

Spiegelneurone relevant für Rehabilitation

Neue Forschungen unterstreichen die Bedeutung der Spiegelneurone für die Autismustherapie und die motorische Rehabilitation nach Hirnschlag. Darüber berichtete der Entdecker der Spiegelneurone, Professor Dr. Giacomo Rizzolatti, Universität Parma, in der EFNS Lecture on Clinical Neurology.

Die Entdeckung der Spiegelneurone war ein Durchbruch in der Hirnforschung. Die Beobachtung von Handlungen und Emotionen anderer Personen aktiviert im Hirn motorische Repräsentationen, die ohne Nachdenken ein sofortiges, direktes Verstehen der Handlungsziele und Emotionen der anderen vermitteln. Der 72-jährige italienische Neurologe Giacomo Rizzolatti, der als experimenteller Neurophysiologe tätig ist, hat das moderne Konzept der Motorik in den letzten 20 Jahren massgeblich beeinflusst. Er hat sich hauptsächlich mit der Frage befasst, wie das Gehirn die Ausführung zielgerichteter Handlungen steuert. Bei Affen registrierte er direkt die Aktionspotenziale von Handlungsneuronen. Dabei entdeckte er im ventralen prämotorischen Kortex (Area F5 des Affenkortex) den Spiegelmechanismus.

Die meisten Neurone des Areals F5 kodieren nicht einzelne Bewegungen, sondern zielgerichtete motorische Akte (Handlungen), die entgegen dem klassischen Konzept der Motorik sowohl mit der rechten als auch mit der linken Hand und überdies mit dem Mund ausgeführt werden. Spiegelneurone (mirror neurons, neuroni specchio) entladen sich nicht nur bei der Ausführung einer bestimmten zielgerichteten Handlung (z.B. Mit-der-Hand-und-dem-Mund-Ergreifen), sondern auch beim Beobachten eines anderen Individuums (Affe oder Mensch), das eine ähnliche Handlung ausführt. Entscheidend ist dabei, dass das Handlungsziel (z.B. Ergreifen) übereinstimmt. Der Spiegelmechanismus besteht also darin, dass beobachtete zielgerichtete Handlungen im kortikalen motorischen System des Beobachters in potenzielle motorische Handlungen übertragen werden. Der Frontallappen hemmt als Kontrollstelle die unmittelbare Ausführung der potenziellen Handlungen, sodass der Affe nicht alles tut, was er sieht.

Spiegelneurone sind wichtig für Motorik wie Emotion

Dass auch bei Menschen Spiegelmechanismen ablaufen, wurde durch zahlreiche nicht invasive elektrophysiologi-

sche Untersuchungen (z.B. EEG, MEG [Magnetenzephalografie] und Brain-Imaging-Studien (z.B. PET [Positronen-Emissions-Tomografie], fMRI [funktionelle Magnetresonanztomografie]) nachgewiesen. Als Pendant zum Areal 5 des Affenkortex wurde bei Menschen die Brodmann-Area 44 im hinteren Abschnitt der unteren Frontalwindung identifiziert. Zum menschlichen Spiegelneuronensystem, das beim Beobachten und Ausführen von motorischen Handlungen mit der Hand (z.B. Ergreifen) beteiligt ist, gehören im prämotorischen Kortex die Areale 44 und 45, inklusive des Broca-Areals, und im unteren Parietallappen das Brodmann-Areal 40. Die Resultate eines Experiments mit zwei Personen, die ohne Arme und Hände geboren worden waren, unterstreichen, dass die Spiegelareale für das Handlungsziel kodieren. Im MRI-Scanner schauten sich die beiden Personen Videos an, die Handlungen mit der Hand (Ergreifen) zeigten. Beim Beobachten wurden Areale von Spiegelneuronen aktiviert, obschon die Versuchspersonen diese Handbewegungen nie selbst ausgeführt hatten. Doch das Ziel der Bewegungen entsprach demjenigen, das sie gewohnt waren, mit den Füßen oder dem Mund zu erreichen.

Ein weiterer Spiegelmechanismus tritt in Aktion, wenn wir beobachten, wie andere Personen in ihrer Mimik Emotionen ausdrücken. Zentrum dieses Spiegelmechanismus ist der in der Tiefe des Sulcus lateralis gelegene Inselappen. Experimente mit Hilfe von fMRI wurden beispielsweise zur primären Emotion des Ekel durchgeführt. Ekel ist mit Bewegungen des Mundes und der Lippen, Nasenrumpfen, Übelkeit und Brechreiz verbunden. Wenn Versuchspersonen faule Eier rochen, wurde beidseits die Insel aktiviert. Wenn dieselben Versuchspersonen Gesichter anschauten, die Ekel ausdrückten, wurde dieselbe Aktivierung der Insel festgestellt. Offenbar tritt dasselbe neurale Substrat in



Giacomo Rizzolatti

Aktion, wenn wir selbst Emotionen wie Ekel oder Schmerz spüren und wenn wir Emotionen bei anderen Personen wahrnehmen. Die Fähigkeit des Gehirns, mit der Wahrnehmung des Gesichtsausdrucks und der Gestik in Resonanz zu treten und sie unmittelbar viszeromotorisch zu kodieren, bildet die neurale Grundlage für Empathie und empathisches Verhalten.

Gestörte Funktion bei Autismus

Neue Untersuchungen sprechen dafür, dass die Spiegelmechanismen bei autistischen Personen beeinträchtigt sind. Bei Betroffenen sind Bereiche gestört, die recht genau mit den Funktionen übereinstimmen, die von Spiegelmechanismen vermittelt werden (Kommunikation, Sprache, Emotionen und die Kapazität, andere Personen zu verstehen). Der im EEG über dem motorischen Kortex registrierte My-Rhythmus wird normalerweise blockiert, wenn eine Person eine Willkürbewegung selbst ausführt oder eine Bewegung einer anderen Person beobachtet. Nicht so bei Kindern mit ASD (Autism Spectrum Disorder). Experimente ergaben, dass der My-Rhythmus bei autistischen Kindern zwar während eigener Bewegungen, aber nicht beim Beobachten von Bewegungen anderer Personen supprimiert wurde. Eine weitere Studie machte klar, dass die My-Rhythmus-Suppression bei Kindern mit ASD nur dann erfolgte, wenn eine Handbewegung im vorgeführten Videoclip von einer vertrauten Person ausgeführt wurde, während sie ausblieb, wenn eine fremde Person handelte. Defizite der Spiegelmechanismen konnten bei autistischen Personen auch in fMRI-Studien nachgewiesen werden.

Experimente zeigten, dass das Spiegelneuronensystem bei autistischen Kindern inaktiv blieb, während sie Handlungen beobachteten. Es fehlt diesen Kindern das unmittelbare Verständnis der Intentionen beobachteter Personen, das normalerweise ohne Nachdenken zustande kommt. Autistischen Kindern ist es möglich, Handlungen rational zu verstehen. Damit sie selbst Handlungen zielgerichtet ausführen können, müssen sie ständig nachdenken. Möglicherweise können diese Erkenntnisse zur Entwicklung neuer Behandlungsstrategien bei autistischen Kindern verwendet werden. Durch Verbesserung

des motorischen Verständnisses könnte bei den Kindern auch das soziale Verhalten günstig beeinflusst werden.

Spiegelneurone helfen bei der Rehabilitation

Spiegelmechanismen sind am Aufbau motorischer Erinnerungen beteiligt. In Experimenten konnte das Erlernen von Bewegungen potenziert werden, wenn die Versuchspersonen, statt lediglich motorisch zu trainieren, simultan Bewegungen sowohl ausführten als auch beobachteten. Die Kopplung von Beobachtung und Ausführung scheint die Bildung motorischer Erinnerungen stark zu erleichtern. Kürzlich zeigte eine Studie, dass dieser Mechanismus für die motorische Rehabilitation nach Schlaganfall genutzt werden kann. Patienten, die einen Hirnschlag im Territorium der Arteria cerebri media erlitten hatten, führten während 18 Tagen ein aktives motorisches Training des gelähmten Armes durch. Die Testgruppe trainierte Handlungen, die gleichzeitig in einem Videofilm vorgeführt wurden, während die Kontrollgruppe das motorische Training ohne visuelle Unterstützung durchführte. Die funktionelle Armtestung am Ende der Studie ergab in der Testgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikante Verbesserungen. Die bahnbrechende Entdeckung der Spiegelneurone, welche die Auffassungen über das Verstehen von Handlungen, Intentionen und Emotionen radikal verändert hat, ist jetzt daran, auch die Behandlung autistischer Kinder und die Rehabilitation nach Schlaganfall in eine neue Richtung zu lenken.

Alfred Lienhard

Referenzen:

- Rizzolatti G. et al.: Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Clinical Practice Neurology* 2009; 5: 24–34.
- Rizzolatti G. und Sinigaglia C.: Empathie und Spiegelneurone. Die biologische Basis des Mitgefühls. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 2008.

EFNS Lecture on clinical neurology: «Mirror neurons: a mechanism for understanding others».
EFNS Florenz, 15. September 2009