

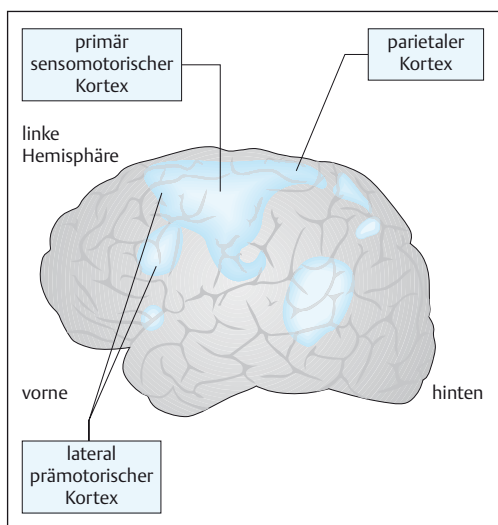


Abb. 4.2 Motorisches Netzwerk im fMRT: Die Probanden führen im Scanner eine Greifbewegung in Richtung einer auf ihrem Bauch liegenden Tasse durch. Während dieser Aufgabe ist ein Netzwerk aus Aktivierungen unter anderem des parietalen Kortex, des prämotorischen Kortex und des primär sensomotorischen Kortex nachweisbar. Diese Areale interagieren und kommunizieren während einer motorischen Aufgabe miteinander.

4.2 Nachweis von Veränderungen des motorischen Systems nach Insult mithilfe der funktionellen MRT

Weiller und Kollegen (1992, 1993) haben bereits vor Jahren das motorische Netzwerk in der Reorganisation des Gehirns nach einem Schlaganfall in den Vordergrund gestellt: Patienten, die sich nach einem Schlaganfall erholt haben, zeigten im Vergleich zu gesunden Probanden bei der Ausführung der gleichen Aufgabe eine Mehraktivierung der sekundären motorischen Areale. Diese Ergebnisse wurden von anderen Gruppen in den folgenden Jahren mehrfach bestätigt, beispielsweise von Ward und Kollegen (2003). Sie untersuchten in einer longitudinalen Studie die Aktivierung in der funktionellen MRT verschiedener Hirnareale von Insultpatienten während der Ausführung motorischer Aufgaben: Das motorische Netzwerk der Patienten war umso aktiver, je schlechter die betroffene Hand funktionierte. Umgekehrt zeigte sich, dass die Aktivierung im motorischen Netzwerk geringer wurde, je mehr sich die paretische Hand regenerierte. Während also in der ersten Phase der Regeneration eine Mehraktivierung des motorischen Netzwerks im Sinne einer Kompensation nachweisbar war, wurde diese Aktivierung reduziert, sobald sich die Handfunktionen wieder verbesserten. Es wird somit klar, dass das Aktivierungsmuster des motorischen Netzwerkes als ein Maß für die noch zur Verfügung stehenden neuronalen Strukturen angesehen werden kann: je mehr Aktivierung im motorischen Netzwerk nachweisbar ist, desto

mehr neuronale Strukturen sind betroffen, die durch Mehraktivierung der anderen Areale kompensiert werden sollen.

Hamzei und seine Kollegen (2006) konnten mithilfe der fMRT auch zeigen, dass das Gehirn in der chronischen Phase nach einem Schlaganfall unterschiedliche Strategien einer Kompensation benutzt, die von den noch verbliebenen funktionell-anatomischen Ressourcen abhängt. Sie belegten, dass das Gehirn trotz eines scheinbaren klinischen Stillstandes in der chronischen Phase weiterhin das Potenzial besitzt, funktionelle Verbesserungen herbeizuführen. Dies könnte auch der Grund dafür sein, dass bestimmte Behandlungsmethoden wie die Constraint-induced-movement-Therapie trotz eines lang zurückliegenden Infarktereignisses zu klinischen Besserungen führen. Die fMRT zeigt, welche Patienten aufgrund der noch verbliebenen funktionell-anatomischen Ressourcen besonderes gut von einer solchen Therapie profitieren und welche in einer Langzeitverlaufsuntersuchung weniger gut. Diese Ergebnisse machen deutlich, inwieweit uns bildgebende Verfahren wie das fMRT helfen können zu verstehen, warum eine Therapie erfolgreich ist.

Ward und seine Kollegen (2006) stellten in einer anderen Studie mithilfe der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) eine Beziehung zwischen dem fMRT-Aktivierungsverhalten im primär motorischen Kortex und dem Ausmaß einer Pyramidenbahnläsion fest: Je größer die Defekte in der Pyramidenbahn waren, desto höher war die Aktivierung im primär motorischen Kortex – also im motorischen Netzwerk. Feydy und Kollegen (2002) fanden heraus, dass auch eine Pyramidenbahnläsion mit Beteiligung des Kortex eine vermehrte Netzwerkaktivierung nach sich zieht. Dagegen fokussiert und verkleinert sich bei Patienten ohne eine solche Beteiligung die Aktivität im primären motorischen Kortex. Die Forscher konnten jedoch – im Gegensatz zu der oben genannten Studie von Ward und seinen Kollegen (2003) – keine Beziehung zwischen der Netzwerkaktivierung und der Klinik finden. Womöglich erklärt das Benutzen von unterschiedlichen klinischen Tests und fMRT-Paradigmen diese Diskrepanz. Der Nachweis einer Dreierbeziehung zwischen dem Ausmaß der Pyramidenbahnläsion, der Klinik und dem Aktivierungsverhalten des Netzwerkes im primär motorischen Kortex wird in zukünftigen Arbeiten erwartet.

Die oben genannten Erkenntnisse lassen die Vermutung zu, dass es für die funktionelle Erholung nach einem Insult anscheinend nicht wichtig ist, ob der Kortex und somit die Nervenzellen selbst betroffen oder die ausgehenden Fasern defekt sind. Es wurde auch schon ein unterschiedliches Aktivierungsverhalten des Netzwerkes (Luft et al. 2004) und somit auch ein individuell unterschiedliches Reorganisationspotenzial als ausschlaggebend dargestellt. Entscheidend scheint jedoch vielmehr die Integrität der Pyramidenbahn zu sein, unabhängig von ihrem Läsionsort. In Studien, die die klassische Unterteilung in „subkortikale“ Patienten benutzen, wurde nicht berücksichtigt, dass die Pyramidenbahn aus dem primärmotorischen Kortex kommend nur einen umschriebenen Bereich,

nämlich das mittlere Drittel des posterioren Anteils der Capsula interna passiert (Fries et al. 1993), während die Pyramidenbahnen, die aus dem supplementär motorischen Areal oder dem prämotorischen Kortex kommen, andere Wege durch die Capsula interna nehmen. Diese Tatsachen erschweren eine klare Abgrenzung dieser Patienten. Die Arbeit von Ward und Kollegen (2006) ist bei Patienten mit Infarkten unterhalb der Kortexebene durchgeführt worden. Der Nachweis einer entsprechenden Beziehung zwischen Netzwerkaktivierung und Pyramidenneuronaffektion bei Patienten mit kortikalen Infarkten wird noch erwartet.

Welche Folgen eine Schädigung der Pyramidenbahnen haben kann, lässt eine Untersuchung vermuten, bei der eine Beziehung zwischen der Schwere einer Pyramidenbahnläsion und der Prognose für die gelähmte Hand der Schlaganfallpatienten hergestellt werden konnte: Das Fehlen von motorisch evozierten Potenzialen, die ein Maß für das Intaktsein der Pyramidenbahn sind, war vergesellschaftet mit einem schlechten Rehabilitationspotenzial (Escudero et al. 1998, Pereon et al 1995).

Dies verdeutlicht, dass die Integrität der Pyramidenbahn offenbar eine entscheidende Rolle in der Funktionsrestitution spielt. Wo die kritische Schwelle der Schadensgröße liegt, ab der noch eine klinische Besserung auftreten kann, und ab wann man nur noch mit einer teilweisen Verbesserung oder gar keiner Kompensation mehr rechnen kann, ist noch nicht bekannt. Auch warum eine Mehraktivierung des motorischen Netzwerkes bei manchen Patienten eine funktionelle Besserung bringt und sie bei anderen die Defizite nur teilweise kompensieren kann, ist noch unklar.

4.3 Blick in die Zukunft

Bildgebende Verfahren, die in der Forschung eingesetzt werden, leisten heute einen großen Beitrag zum Verständnis komplexer Vorgänge im Gehirn, so auch bei der Reorganisation des motorischen Netzwerkes nach einem Insult.

Zukünftig wird erwartet, dass diese Untersuchungen mit vielen unterschiedlichen Verfahrenstechniken durchgeführt werden. Dies ermöglicht es, die entstehenden Veränderungen aus unterschiedlichen pathophysiologischen Blickwinkeln zu betrachten. Die transkranielle Magnetstimulation beispielsweise ist ein geeignetes Instrument, um Aussagen über hemmende und erregende neuronale Effekte zu treffen (Hamzei et al. 2006). Womöglich wird es auch gelingen, Faktoren, die Einfluss auf die Interhemispheric inhibition oder anders formuliert auf das Gleichgewicht beider Hirnhemisphären nach einem Schlaganfall nehmen, bestimmen zu können. Mit der TMS konnte bereits gezeigt werden, dass das Gleichgewicht zwischen den Hirnhemisphären nach einem Schlaganfall gestört ist (Liepert et al. 2000, Murase et al. 2004). Unter anderem ist Gegenstand der aktuellen Diskussion, inwieweit sich die weniger betroffene und die betroffene