

Mitbewegungen der Gegenseite nach Schlaganfall

M. Rijntjes¹, M. Krams², S. Müller³, C. Weiller¹

¹Neurologische Klinik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, ²Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, ³Abteilung für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Essen

Zusammenfassung

In zwei Studien wurde untersucht, welche Bedeutung bei Patienten mit einem Schlaganfall das Auftreten von Mitbewegungen auf der Gegenseite hat. In einer PET-Studie wurde bei Patienten, die sich nach einem Schlaganfall mit Hemiparese wieder gebessert hatten und die Mitbewegungen aufwiesen, eine Aktivierung im ipsilateralen motorischen Cortex gefunden. In einer epidemiologischen Studie wurde nachgewiesen, daß Mitbewegungen auch bei gesunden Probanden vorkommen und vom Übungsniveau abhängig sind, aber bei Patienten mit Schlaganfall viel häufiger sind. Inwieweit die ipsilaterale Pyramidenbahn bei der Restitution eine Funktion hat, ist auf Grund dieser Studien nur teilweise zu beantworten. Es gibt jedoch Hinweise, daß sie bei einer Untergruppe von Patienten eine Rolle spielt. Dies hätte praktische Konsequenzen für die krankengymnastische Behandlung.

Schlüsselwörter: Schlaganfall, Rehabilitation, Mitbewegungen, Physiotherapie

Associated movements after stroke

M. Rijntjes, M. Krams, S. Müller, C. Weiller

Abstract

The meaning of associated movements after stroke was examined in two studies. An ipsilateral activation was found in the motor cortex in a PET study of patients who had recovered from hemiparesis. These patients showed associated movements. An epidemiological study demonstrated that associated movements also occur in healthy volunteers, with its frequency depending on the level of training. Associated movements, however, are more common in stroke patients. It cannot be assessed with certainty which role the ipsilateral pyramidal tract plays in recovery. There are indications, however, that it does play a role in some patients. This would have direct implications on the choice of physiotherapy.

Key words: stroke, recovery, associated movements, physiotherapy

Neurol Rehabil 1999; 5 (1): 15-18

Einleitung

Nach einem Schlaganfall können häufig Mitbewegungen der gesunden Hand beobachtet werden, wenn mit der (vorher) paretischen Hand fraktionierte Fingerbewegungen gemacht werden. Die erste Frage ist, inwieweit auf Grund dieser klinischen Beobachtung festgestellt werden kann, ob ipsilaterale, ungekreuzte deszendierende Bahnen für die Restitution der Funktion eingesetzt werden. Dazu wurde mit der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) untersucht, welche zerebralen Strukturen bei diesem Phänomen eine Rolle spielen (Abschnitt A). Die zweite Frage ist, ob dieses Phänomen exklusiv bei Patienten vorkommt, die eine Hemiparese erlitten haben. Dazu wurde in einer epidemiologischen Studie die Häufigkeit dieses Phänomens bei gesunden Probanden und bei Patienten gemessen, die eine Parese durch einen Schlaganfall erlitten hatten (Abschnitt B). In Abschnitt C werden die Ergebnisse dieser Studien diskutiert und es wird dazu Stellung genommen, welcher praktische Stellenwert diesen Studien zukommt.

Mitbewegungen in der Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Patienten und Methoden

Es wurden insgesamt 17 Patienten untersucht, die sich von einer Hemiparese durch erstmaligen ischämischen Infarkt gebessert hatten (Tab. 1). Bei allen Patienten war die Diagnose computertomographisch gesichert worden, bei keinem Patienten war eine sonstige zerebrale Läsion vorhanden. Alle Patienten wurden mindestens 6 Monate nach dem ischämischen Ereignis untersucht. Von den 17 Patienten zeigten 12 Mitbewegungen der nicht-betroffenen Hand während sequentieller Fingeropposition mit der vormalig paretischen Hand.

Der regionale zerebrale Blutfluß (rCBF) wurde als Marker der neuronalen Aktivität untersucht. Bei jeder Person wurden 4 Messungen mit dem Zentrum des axialen Schnittfeldes 50–55 mm oberhalb der Interkommissuralinie durchgeführt.

Patienten ohne Mitbewegungen (n=5)	Patienten mit Mitbewegungen (n=12)
- mittleres Mediaterritorium, kortikal (2x)	- mittleres Mediaterritorium, kortikal (4x)
- vordere, innere Kapsel (1x)	- Territorium der A. cerebri ant. (1x)
- Hirnstamm (2x)	- mittleres Mediaterritorium, kortiko-subkortikal (2x)
	- vordere, innere Kapsel (1x)
	- striatokapsulär (1x)
	- Hirnstamm (3x)

Tab. 1: Patienten

Das Aktivierungsparadigma bestand in einer sequentiellen Fingeropposition der gebesserten Hand mit einer Frequenz von 1,5/s. Die Reihenfolge der Aufnahmen war Ruhe-Aktivierung-Aktivierung-Ruhe. Die axiale Öffnung des Scanners betrug 5,4 cm.

Nach Korrektur für Bewegungsartefakte ergab die Transformation in den stereo-taktischen Atlas von *Talairach* und *Tournoux*, daß der Bereich 24–52 mm oberhalb der Interkommissurallinie bei allen Personen beurteilbar war. Danach wurde der Effekt globaler rCBF-Variationen mittels Kovarianzanalyse eliminiert und der statistisch signifikante Anstieg ($p < 0.05$) des regionalen Blutflusses durch Aktivierung in Form von Bildern (»statistical parametric maps« [5, 6]), projiziert auf Oberflächen von standardisierten Gehirnen, dargestellt.



Abb. 1: Projektion von Arealen mit signifikantem Blutflußanstieg während Fingeropposition der vormalig paretischen Hand im Vergleich zu Ruhe. **oben:** Patienten ohne Mitbewegungen der Hand ipsilateral zur Läsion; **unten:** Patienten mit Mitbewegungen. Man erkennt, daß es bei Patienten mit Mitbewegungen der Gegenseite zu einer zusätzlichen Aktivierung des ipsilateralen sensomotorischen Cortex kommt. Weitere Erklärung: siehe Text

Ergebnisse

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, zeigen Patienten ohne Mitbewegungen der Gegenseite während sequentieller Fingeropposition der gebesserten Hand eine Aktivierung im sensomotorischen Cortex der kontralateralen Hemisphäre, die dem Aktivierungsmuster bei Normalpersonen sehr ähnlich ist [3, 7]. Unterschiedlich zu gesunden Probanden ist eine zusätzliche Aktivierung im bilateralen parietalen Cortex, einem sekundären bzw. sensiblen Assoziationscortex. Es wurde keine Aktivierung im sensomotorischen Cortex der ipsilateralen Hemisphäre gefunden. Die kortikale Aktivierung bei den Patienten, die Mitbewegungen der Gegenseite aufweisen, ist deutlich ausgedehnter als bei den Patienten, bei denen diese Mitbewegungen nicht auftraten. In der kontralateralen Hemisphäre dehnt sich die Aktivierung im Parietallappen mehr nach kaudal und ventral aus. Auch bei den Patienten mit Mitbewegungen ist eine Aktivierung im bilateralen Parietallappen vorhanden. Qualitativ ist der Hauptunterschied zwischen den beiden Gruppen jedoch die Aktivierung im sensomotorischen Cortex der ipsilateralen Hemisphäre.

Diese Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen waren auch signifikant im direkten Vergleich, d. h. sie waren bei Patienten mit Mitbewegungen stärker aktiviert als bei den Patienten ohne Mitbewegungen.

Mitbewegungen bei Gesunden und bei Schlaganfallpatienten

Patienten und Methoden

Es wurden fraktionierte Bewegungen bei 112 Patienten mit Schlaganfall und bei 176 gesunden Probanden untersucht (Tab. 2). Von den gesunden Probanden waren 20 Geigenspieler, die auf Grund ihres Berufes täglich über mehrere Stunden fraktionierte Bewegungen mit einer Hand machen.

	Schlaganfall	Gesunde	Musiker
n	112	156	20
männlich/weiblich	63/49	86/70	14/6
Alter in Jahren	63 (34–86)	45 (21–80)	42 (26–63)
R/L-Händer	107/5	144/12	17/3

Tab. 2: Patienten

Einschlußkriterium für Schlaganfallpatienten war ein erstmaliger ischämischer Infarkt, der computertomographisch gesichert war. Der Paresegrad war 2–4/5 auf der MRC Skala. Die Untersuchung erfolgte frühestens 4 Wochen nach dem Auftreten der Ischämie. Der Grad der Besserung im Vergleich zur initialen Parese wurde nicht miterfaßt. Von proximal nach distal wurden folgende Bewegungen durchgeführt: Faustschluß/Faustöffnung, Opposition des Daumens gegen den Zeigefinger (=1 gegen 2), sequentiell-

le Fingeropposition des Daumens gegen andere Finger (1 gegen 2, 3, 4, 5) und bei den gesunden Probanden zusätzlich die komplexe simultane Bewegung von verschiedenen Fingerpaaren (z. B. 5+3 abgewechselt von 2+4). Die Frequenz der Bewegung war bei Gesunden und Patienten 2 Hz, wobei manche Patienten, die durch die Parese dazu nicht in der Lage waren, die Aufgaben etwas langsamer durchführen mußten.

Sowohl bei Patienten als auch bei gesunden Probanden wurde nach Mitbewegungen der Gegenseite bei Bewegungen der linken als auch der rechten Hand gesucht. Mitbewegungen wurden gradiert nach folgendem Schema: 0=keine Mitbewegungen, 1=minimale Mitbewegungen (Amplitude <1 cm), 2=deutliche Mitbewegungen (Amplitude >1 cm) und 3=spiegelbildliche Mitbewegungen.

Ergebnisse

Wie aus Tab. 3 hervorgeht, kommen Mitbewegungen der Gegenseite auch bei Gesunden vor. Sie sind bei komplexen Bewegungen häufiger als bei einfachen. Sie sind bei Violinisten wesentlich schwächer ausgeprägt als bei ungeübten Probanden (Tab. 4). Mitbewegungen der Gegenseite waren bei Schlaganfallpatienten häufiger als bei gesunden Probanden, wenn sie fraktionierte Fingerbewegungen der paretischen Hand durchführten (Tab. 5). Fraktionierte Fingerbewegungen der gesunden Hand riefen bei Schlaganfallpatienten Mitbewegungen der Gegenseite in der gleichen Frequenz hervor, wie sie bei gesunden Probanden vorkamen (Tab. 6). Jedoch zeigte eine kleine Gruppe (5 %) dieser Patienten Spiegelbewegungen der paretischen Hand.

Diskussion

Die klinische Untersuchung (s. o.) zeigt, daß Mitbewegungen der Gegenseite auch bei gesunden Probanden vorkommen. Sie sind daher als physiologisches Phänomen zu deuten. Da die Häufigkeit der Mitbewegungen mit der Komplexität der Bewegung zunimmt, diese aber bei Geübten (Violinisten) seltener vorkommen als bei Ungeübten, ist anzunehmen, daß sie abhängig vom Trainingsniveau sind.

Bei Schlaganfallpatienten kommen Mitbewegungen häufiger vor als bei gesunden Probanden, wenn die Patienten die paretische Hand bewegen (Tab. 5). Man könnte daraus die Hypothese aufstellen, daß für Schlaganfallpatienten einfachere fraktionierte Bewegungen durch erhöhte Anstrengung, auf Grund der Parese, mit den komplexeren Bewegungen bei gesunden Probanden zu vergleichen sind. Zu bemerken ist, daß in der epidemiologischen Studie bei den Schlaganfallpatienten der Grad der Besserung nach initialer Parese nicht in Betracht gezogen wurde, wie das in der PET-Studie der Fall war. Jedoch würde diese Erklärung zu den Befunden in vielen PET-Studien passen, bei denen gesunde Probanden komplexe Bewegungen machen sollen (z. B. [10]). Ein konstanter Befund bei solchen Studien ist die Aktivierung im sensiblen Assoziationscortex im

Parietallappen. Diese würde erklären, warum auch bei vollständig gebesserten Patienten, wie das in der PET-Studie der Fall war, sowohl bei Patienten mit als auch ohne Mitbewegungen eine zusätzliche Aktivierung im Parietallappen vorhanden war.

Wie aus der PET-Studie hervorgeht, gehen Mitbewegungen der Gegenseite bei Patienten, deren Hemiparese sich gebessert hat, mit einer Aktivierung im ipsilateralen sensorischen Cortex einher. Inwieweit kann man aus anatomischen und physiologischen Daten schlußfolgern, daß

Mitbewegungen bei Normalpersonen				
Mitbewegung	Komplex	1 VS 5, 4, 3, 2	1 VS 2	Faust
Keine	22	76	139	143
Minimal	76	69	15	11
Deutlich	55	11	2	2
Spiegelbew.	3	0	0	0

Tab. 3: Mitbewegungen bei Normalpersonen

Mitbewegungen bei Violinisten				
Mitbewegung	Komplex	1 VS 5, 4, 3, 2	1 VS 2	Faust
Keine	15	19	20	20
Minimal	5	1	0	0
Deutlich	0	0	0	0
Spiegelbew.	0	0	0	0

Tab. 4: Mitbewegungen bei Violinisten

Mitbewegungen bei Schlaganfall			
Willkürbewegung der paretischen Hand, Mitbewegung der gesunden Hand			
Mitbewegung	1 VS 5, 4, 3, 2	1 VS 2	Faust
Keine	33	63	64
Minimal	28	30	28
Deutlich	30	9	20
Spiegelbew.	0	0	0
	n = 91	n = 102	n = 112

Tab. 5: Mitbewegungen bei Schlaganfall

Mitbewegungen bei Schlaganfall			
Willkürbewegung der gesunden Hand, Mitbewegung der paretischen Hand			
Mitbewegung	1 VS 5, 4, 3, 2	1 VS 2	Faust
Keine	56	77	87
Minimal	20	19	19
Deutlich	9	6	6
Spiegelbew.	6	0	0
	n = 91	n = 102	n = 112

Tab. 6: Mitbewegungen bei Schlaganfall

hier ipsilaterale Pyramidenbahnfasern aktiviert werden? Ca. 15% der Pyramidenbahnfasern verlaufen ungekreuzt zum Rückenmark [4]. Im primär-motorischen Cortex von Affen wurden Neurone gefunden, deren Aktivität nur mit ipsilateralen Handbewegungen korreliert war [12]. Bei gesunden Probanden können mittels transkranieller Magnetstimulation an bestimmten Stellen über dem motorischen Cortex Aktionspotentiale in ipsilateralen Handmuskeln hervorgerufen werden [15]. Studien mit der transkraniellen Magnetstimulation bei Patienten sind jedoch nicht eindeutig: Während in einer Untersuchung bei Patienten nach Schlaganfall schnelle ipsilaterale Bahnen der nicht-betroffenen Hemisphäre nachgewiesen wurden [1], konnte das in einer anderen Studie nicht bestätigt werden [9]. In einer frühen PET-Studie wurde festgestellt, daß bei manchen Patienten, deren Hemiparese nach ischämischem Infarkt sich gebessert hatte, eine Aktivierung im ipsilateralen sensomotorischen Cortex auftrat [2]. In einer späteren PET-Studie wurde gezeigt, daß nur bei Patienten, die Mitbewegungen der Gegenseite hatten, eine Aktivierung im ipsilateralen sensomotorischen Cortex vorhanden war [16]. In dieser Studie wurde auch gezeigt, daß es neben dieser zusätzlichen Aktivierung auch zu Deaktivierungen in verschiedenen kortikalen Arealen kommt. Bei Kindern können spiegelbildliche Mitbewegungen bis zum 10. Lebensjahr häufig beobachtet werden. Es wird angenommen, daß die Reifung des Corpus callosum, die zu dieser Zeit stattfindet, durch inhibitorische Fasern eine Mitaktivierung des kontralateralen sensomotorischen Cortex hemmt [18]. Bei den Patienten, bei denen die Läsion transkallosale Fasern unterbrochen hat, könnte man eine aufgehobene Inhibition des ipsilateralen Cortex als Entstehungsmechanismus für Mitbewegungen annehmen. Jedoch kann das nicht die einzige Erklärung sein, da Mitbewegungen auch nach Läsionen auf anderen Ebenen im ZNS auftreten, z. B. nach Hirnstammläsionen (Tab. 1). Insgesamt muß festgestellt werden, daß nach einer ischämischen Läsion auch in der sogenannten »gesunden« Hemisphäre Veränderungen auftreten. Diese physiologische Beobachtung bildet möglicherweise die Grundlage für die Strömungen in der Krankengymnastik, die Bewegungsabläufe der nicht-betroffenen Seite bewußt in die Therapie aufnehmen.

Trotzdem ist auf Grund der PET-Studie nicht zu beweisen, ob die Aktivierung des ipsilateralen motorischen Cortex auch bedeutet, daß ipsilateralen deszendierenden Bahnen bei der Restitution der Funktion eine Rolle zukommt. Es könnte sich auch um ein Epiphänomen ohne funktionelle Bedeutung handeln. Daher ist die Beobachtung in der klinischen Studie interessant, daß 5% der Schlaganfallpatienten bei Bewegung der gesunden Seite Mitbewegungen der Gegenseite zeigten. Ein Übungseffekt ist in diesem Fall unwahrscheinlich. Eher ist anzunehmen, daß bei diesen Patienten tatsächlich die ipsilaterale Pyramidenbahn für die Restitution der Funktion gebraucht wurde. Diese Beobachtung hätte eine direkte klinische Konsequenz: Eine neuere krankengymnastische Richtung versucht durch Immobilisation der gesunden Extremität die Funktion der paretischen

Seite zu stimulieren [13, 14]. Diese Methode hat in ersten Studien vielversprechende Ergebnisse gezeigt. Es könnte jedoch sein, daß sie bei einer Untergruppe von Patienten, bei denen die ipsilaterale Pyramidenbahn für die Restitution der Funktion gebraucht wird, keine geeignete Therapie wäre.

Literatur

1. Carr L, Harrison L, Evans A et al: Patterns of central motor reorganization in hemiplegic cerebral palsy. *Brain* 1993; 1223-1247
2. Chollet F, DiPierro V, Wise R et al: The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: a study with positron emission tomography. *Ann Neurol* 1991; 29: 63-71
3. Colebatch JG, Deiber MP, Passingham RE et al: Regional blood flow during voluntary arm and hand movements in human subjects. *J Neurophysiol* 1991; 65: 1392-1401
4. Duus P: *Topical Diagnosis in Neurology*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1983
5. Friston KJ, Frith CD, Liddle PF et al: Plastic transformation of PET images. *J Comp Assist Tomogr* 1991; 15: 634-639
6. Friston KJ, Holmes AP, Worsley et al: Statistical parametric maps in functional imaging: a general approach. *Human Brain Mapping* 1995; 2: 189-210
7. Grafton ST, Woods RP, Mazziotta JC: Within-arm somatotopy in human motor areas determined by positron emission tomography imaging of cerebral blood flow. *Exp Brain Res* 1993; 95: 172-176
8. Nass R: Mirror movement asymmetries in congenital hemiparesis: the inhibition hypothesis revisited. *Neurology* 1985; 35: 1059-1062
9. Palmer E, Ashby P, Hajek V: Ipsilateral fast corticospinal pathways do not account for recovery in stroke. *Ann Neurol* 1992; 32: 519-525
10. Stephan K, Fink G, Passingham R et al: Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol* 1995; 73: 373-386
11. Talairach J, Tournoux P: *Coplanar stereotaxic atlas of the human brain*. Thieme Verlag, New York 1988
12. Tanji J, Okano K, Sato K: Neuronal activity in cortical motor areas related to ipsilateral, contralateral, and bilateral digit movements of the monkey. *J Neurophysiol* 1988; 60: 325-343
13. Taub E, Crago J, Burgio L et al: An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping. *J Exp Anal Behav* 1994; 61: 281-293
14. Taub E, Crago J: Increasing behavioral plasticity following central nervous system damage in monkeys and man: a method with potential application to human developmental motor disability. In: Julesz B, Kovacs I (eds): *Maturational windows and adult cortical plasticity*, SFI Studies in the sciences of complexity. Addison-Wesley 1995
15. Wassermann EM, Pascual-Leone A, Hallett M: Cortical motor representation of the ipsilateral hand and arm. *Exp Brain Res* 1994; 100: 121-132
16. Weiller C, Ramsay SC, Wise RSJ et al: Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infarction. *Ann Neurol* 1993; 33: 181-189

Korrespondenzadresse:

M. Rijntjes
Neurologische Klinik
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Philosophenweg 3
07740 Jena
e-mail: mic@neuro.uni-jena.de