



Hamzei, F./ Buccino, G./ Binkowski, F. Update Physiotherapie



zum Bestellen [hier](#) klicken

by naturmed Fachbuchvertrieb

Aidenbachstr. 78, 81379 München

Tel.: + 49 89 7499-156, Fax: + 49 89 7499-157

Email: info@naturmed.de, Web: <http://www.naturmed.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Evidenzbasierte motorische Rehabilitation	1
	<i>Thomas Platz</i>	
1.1	Einführung	1
1.2	Studiendesigns	1
1.2.1	Beobachtungsstudien.	1
1.2.2	Experimentelle Studien	2
1.2.3	Auswahlkriterien der Studien in dieser Übersicht.	3
1.3	Bewertung von Studienergebnissen	3
1.4	Cochrane-Literaturübersichten	4
1.4.1	Multidisziplinäre Behandlungsansätze nach Schlaganfall	7
1.4.2	Externe Hilfsmittel zur motorischen Rehabilitation	7
1.4.3	Spezielle Armrehabilitation.	8
1.4.4	Spezielle Rehabilitation von Stand, Gleichgewicht und Gang	8
1.4.5	Aktuelle Review-Projekte	9
1.4.6	Kritische Würdigung der Cochrane-Literaturübersichten	10
1.5	Evidenz aus einzelnen klinischen Studien	10
1.5.1	Trainingsintensität.	10
1.5.2	Physiotherapeutische Konzepte	11
1.5.3	Arm-BASIS-Training	13
1.5.4	Arm-Fähigkeits-Training.	13
1.5.5	Constraint-induced-Movement-Therapie (Taub'sches Training)	14
1.5.6	Repetitives sensomotorisches Training	15
1.5.7	Aufgabenorientiertes Training	15
1.5.8	Spiegeltraining	17
1.5.9	Elektrostimulation.	17
1.5.10	Gangtraining mit Elektrostimulation	19
1.5.11	Laufbandtraining	20
1.5.12	Robotgestützte Armrehabilitation	21
1.5.13	Aufsteh- und Stehtraining mit Biofeedback-Trainer.	22
1.5.14	Repetitive transkranielle Magnetstimulation	23
1.5.15	Kritische Würdigung der Ergebnisse der klinischen Studien und Diskussion	23
	Literatur	25

2	Constraint-induced-movement-Therapie (CIMT)	31
	<i>Farsin Hamzei</i>	
2.1	Einleitung.	31
2.1.1	Geschichte	31
2.1.2	Hypothese	31
2.1.3	Bestandteile der CIMT	32
2.2	Klinische Studien zur CIMT	35
2.2.1	CIMT im Vergleich mit anderen Therapieformen	35
2.2.2	Einfluss der Patientencharakteristika	36
2.2.3	Modifikation der Übungszeit	37
2.2.4	Bildgebende Verfahren und CIMT	37
	Literatur	39
3	Grundlagen prozeduralen und motorischen Lernens für die Praxis von übenden Therapieverfahren	41
	<i>Björn Hauptmann</i>	
3.1	Einleitung.	41
3.2	Gedächtnissysteme	42
3.2.1	Deklaratives Gedächtnis	42
3.2.2	Nichtdeklaratives Gedächtnis	42
3.3	Prozedurales Gedächtnis und motorisches Lernen	43
3.4	Motorisches Lernen als phasenhafter Prozess	43
3.4.1	Die frühe Lernphase.	44
3.4.2	Verhältnis von Übung und Pause.	44
3.4.3	Verzögerte Leistungsverbesserungen	44
3.4.4	Anzahl der Wiederholungen	46
3.4.5	Einfluss von Schlaf auf Gedächtniskonsolidierung	46
3.4.6	Stabilität des Erlernten gegenüber zeitlich versetzten Reizen	49
3.4.7	Kontextinterferenz und Augmentation	50
3.4.8	Die späte Lernphase.	51
3.5	Praktische Umsetzung in die Therapie	51
	Literatur	54

4	Reorganisation des Gehirns nach Schlaganfall	58
	<i>Farsin Hamzei</i>	
4.1	Einleitung	58
4.2	Nachweis von Veränderungen des motorischen Systems nach Insult mithilfe der funktionellen MRT	60
4.3	Blick in die Zukunft	62
	Literatur	63
5	Von den Spiegelneuronen zur Neurorehabilitation	65
	<i>Denis Ertelt, Giovanni Buccino und Ferdinand Binkofski</i>	
5.1	Einleitung	65
5.2	Motorische Neurorehabilitationsverfahren	66
5.2.1	Konventionelle Rehabilitationsverfahren	66
5.2.2	Modernere Rehabilitationsansätze	66
5.2.3	Einfluss des mentalen Trainings auf das motorische Lernen	67
5.2.4	Mentales Training in der Neurorehabilitation	67
5.3	Spiegelneuronensystem	68
5.3.1	Wann werden Spiegelneurone aktiv?	68
5.3.2	Das menschliche Spiegelneuronensystem	69
5.3.3	Funktionen des Spiegelneuronensystems	70
5.4	Spiegelneuronensystem in der Neurorehabilitation	71
5.4.1	Spiegeltraining	71
5.4.2	Videotherapie	72
5.4.3	Kombination Videotherapie und aktives Üben	73
	Literatur	75
6	Hirnstimulation in der Neurorehabilitation	82
	<i>Friedhelm C. Hummel</i>	
6.1	Einleitung	82
6.2	Methoden der Hirnstimulation	83
6.2.1	Transkranielle Gleichstromstimulation	83
6.2.2	Tanskraniale Magnetstimulation	84
6.2.3	tDCS oder TMS?	85
6.2.4	Invasive epidurale Hirnstimulation	85

6.3	Untersuchung intrakortikaler Prozesse in der motorischen Regeneration nach Schlaganfall	85
6.3.1	Kortikale und intrakortikale Erregbarkeit nach Schlaganfall	87
6.3.2	Untersuchung interregionaler Interaktionen nach Schlaganfall	88
6.3.3	Untersuchung reorganisierter kortikaler Regionen nach Schlaganfall	89
6.4	Hirnstimulation zur Verbesserung motorischer Funktionen nach Schlaganfall.	90
6.4.1	Erhöhung der Erregbarkeit im betroffenen motorischen Kortex	91
6.4.2	Hemmung der Erregbarkeit im gesunden motorischen Kortex	93
	Literatur	94
7	Schädigungsorientiertes Training in der Armrehabilitation	101
	<i>Thomas Platz</i>	
7.1	Einleitung.	101
7.2	Funktionelle Relevanz der zentralen Armparese.	102
7.3	Charakteristika von Patienten mit schwerer Armparese	103
7.3.1	Neurale Kontrolle	103
7.3.2	Koordination Agonist – Antagonist	103
7.3.3	Muskeltonus	104
7.3.4	Mehrgelenkbewegungen	104
7.3.5	Zusammenfassung	105
7.4	Charakteristika von Patienten mit leichter Armparese	106
7.4.1	Zusammenfassung	107
7.5	Das Arm-BASIS-Training	108
7.5.1	Stufe 1: selektives Üben isolierter Bewegungen ohne Halteaktivität	109
7.5.2	Stufe 2: selektives Üben isolierter Bewegungen mit Halteaktivität	109
7.5.3	Stufe 3: selektives Üben komplexer Bewegungen mit Halteaktivität	110
7.6	Das Arm-Fähigkeits-Training	111
7.6.1	Geschwindigkeit und Präzision	112
7.6.2	Wiederholungen	114
7.6.3	Variation der Übungen	114
	Literatur	116
	Sachverzeichnis	120

1.5.8 Spiegeltraining

Beim Spiegeltraining legt der Patient seine betroffene Hand hinter einen Spiegel und die nicht betroffene Hand neben den Spiegel. Bewegt er nun die nicht betroffene Hand, so scheint es, als ob sich die paretische Hand bewegt. Durch die Bewegungsbeobachtung des Spiegelbildes, auf dem nun normale Bewegungen zu sehen sind, sollen im Gehirn Aktivierungen erreicht werden, die sonst auch bei der Bewegung der betroffenen Hand beteiligt wären.

Bei subakuten bis chronischen Schlaganfallpatienten mit schwerer bis moderater Hemiparese führte eine Behandlung mit der Spiegeltherapie, bei der die Patienten vier Wochen lang werktäglich für jeweils 30 Minuten übten, am Ende der Intervention sowie sechs Monate danach zu einer stärkeren motorischen Erholung der Hand und einer stärkeren Verbesserung der Selbstständigkeit bei Alltagsverrichtungen. Die Vergleichsgruppe trainierte genauso häufig, aber ohne Spiegel (Yavuzer et al. 2008).

1.5.9 Elektrostimulation

Unter Funktioneller Elektrostimulation (FES) wird in diesem Kapitel eine Stimulation verstanden, die in einem funktionellen Bewegungskontext verwendet wird, beispielsweise beim Greifen. Der FES verwandt ist die EMG-getriggerte Elektrostimulation, da sie auf einer intendierten Willkürbewegung basiert. Für andere neuromuskuläre Stimulationen wird hier der allgemeine Begriff neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES) verwendet.

Faghri und sein Team (1994) untersuchten den Effekt einer zusätzlichen neuromuskulären Elektrostimulation für glenohumeral stabilisierende Muskeln – beispielsweise den posterioren Teil des M. deltoideus und den M. supraspinatus – im Hinblick auf Armfunktion, Muskelaktivität, Schultersubluxation und -schmerz: An der randomisierten und kontrollierten Untersuchung nahmen 26 Insultpatienten teil. Die Experimentalgruppe erhielt über sechs Wochen zusätzlich bis zu sechs Stunden täglich eine neuromuskuläre Elektrostimulation. Nach dem Beobachtungszeitraum hatte sich diese Gruppe bei den beobachteten Parametern deutlicher verbessert als die Kontrollgruppe.

Im Gegensatz dazu wurden nach einer ähnlich intensiven täglichen neuromuskulären Elektrostimulation der Schultermuskulatur, genauer gesagt des M. supraspinatus und des M. deltoideus pars superior, bei subakuten geriatrischen Schlaganfallpatienten mit neu aufgetretener Armfunktionsstörung im Vergleich zu einer Scheinstimulation keine stärkeren Verbesserungen der Armfunktion beobachtet. Nach 3 Monaten zeigten die Patienten in der Kontrollgruppe bei einigen Outcome-Parametern größere Verbesserungen, insbesondere die initial schwerer betroffenen (Church et al. 2006). Eine zeitlich intensive, ausschließlich proximale neuromuskuläre Elektrostimulation kann also gemäß dieser neueren Erkenntnisse nicht empfohlen werden.

Ob eine niederfrequente transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) mit 1,7 Hz bei chronischen Patienten die Armfunktion verbessern kann, untersuchten Sonde und Mitarbeiter (1998) in einer randomisierten kontrollierten Studie: Sie teilten insgesamt 44 Patienten sechs bis 12 Monate nach ihrem Insult per Zufall entweder einer Kontrollgruppe mit konventioneller Therapie zu oder einer Gruppe, die zusätzlich fünfmal wöchentlich über drei Monate eine TENS-Behandlung bekam. Die Patienten in der Kontrollgruppe erhielten zweimal wöchentlich Physiotherapie. Die TENS-Behandlungsgruppe hatte nach dem Therapieintervall eine stärkere Verbesserung der Armfunktionen beim Fugl-Meyer-Test erlangt als die Kontrollgruppe. Allerdings waren sowohl die Spastik als auch die Schmerzen gleich geblieben. Bei einer weiteren Untersuchung drei Jahre später dagegen hatten sich in der Kontrollgruppe die Alltagsfunktionen verschlechtert, die motorischen Funktionen und die Spastik sogar in beiden Gruppen (Sonde et al. 2000).

Den direkten Vergleich zwischen einer neuromuskulären Elektrostimulation und einer gleich intensiven Placebostimulation zur funktionellen Verbesserung von Unterarmmuskeln zog eine amerikanische Gruppe durch eine einfach verblindete, randomisierte und kontrollierte Studie an 46 Patienten (Chae et al. 1998). Bei den 28 Probanden, die die Studie abschlossen, waren nach dem Training, aber auch vier und zwölf Wochen später die motorischen Zugewinne beim Fugl-Meyer-Test größer als bei der Placebogruppe. Einen Effekt auf die Alltagskompetenz konnte das Forscherteam nicht feststellen.

Eine schottische Arbeitsgruppe untersuchte den Effekt einer zusätzlichen neuromuskulären Elektrostimulation für die Handgelenksex tensoren auf deren Kraft und die Armfunktion (Powell et al. 1999). 60 Patienten, die zwei bis vier Wochen vor Beginn der Studie einen Insult erlitten hatten, erhielten entweder nur die übliche Behandlung oder zusätzlich acht Wochen lang dreimal wöchentlich eine dreißigminütige Elektrostimulation der Handgelenksex tensoren. Am Ende der acht Wochen und auch weitere 24 Wochen später konnten Powell und seine Kollegen bei der Experimentalgruppe einen stärkeren Zugewinn in der Kraft der Extensoren verzeichnen. Diese Patienten hatten sich auch bei den Subtests „Griff“ und „Präzisionsgriff“ des Action-Research-Arm-Tests“ deutlich verbessert.

Bei der EMG-getriggerten Elektrostimulation werden kleine Willküraktivitäten in der beübten paretischen Muskulatur registriert und lösen damit eine Elektrostimulation mit großem Bewegungseffekt aus. In einer Kohortenstudie mit 22 chronischen Insulpatienten verglichen Kraft und Kollegen (1992) den Effekt von EMG-getriggelter Elektrostimulation, nicht EMG-getriggelter Elektrostimulation, PNF und keiner Behandlung auf die Veränderung der selektiven Innervationsfähigkeit im Fugl-Meyer-Test. Die Therapieeffekte waren bei der EMG-getriggerten Elektrostimulation mit einer Steigerung von 42% gegenüber 25% bei der Elektrostimulation ohne EMG-Triggerung und 18% bei einer PNF-Behandlung im Vergleich zu den Ausgangswerten am größten.

Auch in einer kleineren Studie mit neun subakuten, ischämischen Insultpatienten, die eine schwere, inkomplette Armparese hatten, konnten die Probanden, die zweimal täglich für 30 Minuten ein Handgelenkskräftigungstraining mit der EMG-getriggerten Elektrostimulation erhielten, deutliche motorische, funktionelle und alltagsrelevante Verbesserungen während ihrer Rehabilitation erzielen (Francisco et al. 1998).

In einer weiteren Studie verglichen Cauraugh und Kim (2002) zwei Formen der Elektrostimulation mit einer Kontrollgruppe: eine EMG getriggerte Elektrostimulation plus bilaterales und eine EMG-getriggerte Elektrostimulation ohne bilaterales Training. Während des zweiwöchigen Trainings, an dem 25 chronische Insultpatienten teilnahmen, zeigte sich, dass die erste Therapieform bei drei Parametern der Finger- und Handfunktion der anderen Intervention überlegen war: bei der manuellen Geschicklichkeit, der Reaktionszeit und bei der anhaltenden Kontraktion. Die zweite Behandlungsform war im Vergleich zur Kontrollgruppe ebenfalls effektiver, allerdings nur hinsichtlich der manuellen Geschicklichkeit und der Reaktionszeit.

1.5.10 Gangtraining mit Elektrostimulation

Bei Patienten, deren Gang mehr als sechs Monate nach einem Insult noch durch eine Fußheberschwäche beeinträchtigt war, untersuchte eine englische Arbeitsgruppe, ob die Ergänzung der physiotherapeutischen Gangschulung mit einer elektrischen Peroneus-Stimulation wirksam ist, um damit Ganggeschwindigkeit und die Anstrengung beim Gehen zu verbessern (Burridge et al. 1997). 32 Patienten schlossen die Studie ab. Nach der rein physiotherapeutischen Behandlungsserie waren keine Verbesserungen zu erkennen. In der Stimulationsgruppe dagegen hatte sich die Ganggeschwindigkeit verbessert und die Anstrengung beim Gehen reduziert. Diese Verbesserungen bestanden jedoch nur, während die Stimulation benutzt wurde.

In einer weiteren Studie mit Cross-over-Design untersuchte eine slowenische Arbeitsgruppe, ob die zusätzliche Verwendung einer funktionellen Multikanal-Elektrostimulation (FMES) den Therapieerfolg verstärkt. Ihr Vorteil liegt darin, dass in Abhängigkeit von der Phase des Gangzyklus mehrere Muskelgruppen des betroffenen Beines phasengerecht stimuliert werden können (Bogataj et al. 1995). 20 schwer betroffene hemiparetische Insultpatienten erhielten entweder drei Wochen lang ein konventionelles Gangtraining gefolgt von einem dreiwöchigen Gangtraining mit FMES oder drei Wochen Gangtraining mit FMES gefolgt von 3 Wochen konventionellem Training. Die Forscher maßen die motorischen Funktionen anhand der Fugl-Meyer-Skala, die Gangparameter und die Bodenreaktionskräfte. Sie beobachteten in der Phase mit MFES stärkere funktionelle Verbesserungen beim Gehen.

1.5.11 Laufbandtraining

In der Rehabilitation von Patienten mit Schlaganfall bedingten Gehstörungen trainieren die Betroffenen häufig auch mithilfe eines Laufbandes.

■ Laufband mit partieller Gewichtsentlastung

Ein kanadisches Forscherteam verglich in einer randomisierten und kontrollierten Studie mit 100 Insulpatienten den Effekt eines sechswöchigen Laufbandtrainings mit partieller Gewichtsentlastung mit einem Gangtraining ohne Gewichtsentlastung (Visintin et al. 1998). Sie analysierten das Gleichgewicht, die motorische Erholung sowie die Gehgeschwindigkeit und -belastbarkeit der Teilnehmer. Nach der Trainingsphase konnte man in der Gruppe, die die Laufbandtherapie mit partieller Gewichtsentlastung durchgeführt hatte, einen größeren Therapieeffekt für alle studierten Parameter beobachten. Auch drei Monate später hatten die Probanden dieser Gruppe hinsichtlich der Ganggeschwindigkeit und -belastbarkeit noch immer Vorteile gegenüber der anderen Gruppe.

Eine schwedische Arbeitsgruppe verglich die Wirksamkeit von Laufbandtraining mit partieller Gewichtsentlastung mit einem gleich intensiven Gangtraining ohne Laufband, das nach dem sogenannten Motor-Relearning-Programm, einem aufgabenspezifischen Trainingsansatz, durchgeführt wurde (Nilsson et al. 2001). In dieser Studie erhielten die Patienten während ihres etwa zwei Monate andauernden Rehabilitationsaufenthaltes an fünf Werktagen pro Woche jeweils 30 Minuten lang eine der beiden Gangtherapien. Bei Aufnahme, Entlassung sowie 10 Monate später untersuchte man bei den Patienten die Selbstständigkeit beim Gehen mit der sogenannten Functional ambulation category, die Ganggeschwindigkeit, die Bewegungskontrolle des Beines, die Gleichgewichtsreaktionen anhand der Berg's-Balance-Skala und die Alltagskompetenz. Beide Gruppen hatten sich funktionell verbessert und es gab keine Hinweise darauf, dass eine Methode der anderen überlegen war.

Eine amerikanische Arbeitsgruppe verglich den Effekt eines partiell entlasteten Laufbandtrainings mit einem aufgabenspezifischen Gangtraining, das mit Orthesenunterstützung durchgeführt wurde (Kosak u. Reding 2001). 56 Insulpatienten wurden randomisiert einer der beiden Gruppen zugeordnet und erhielten das Gangtraining fünfmal wöchentlich und bis zu 45 Minuten täglich, entweder bis zu ihrer Entlassung oder bis selbstständiges Gehen erreicht war. Die Gruppen unterschieden sich nicht. Lediglich bei einer Subgruppe von Patienten mit Hemiparese, Sensibilitätsstörungen und einer Hemianopsie, die mehr als zwölf Stunden Therapie erhalten hatte, hatte sich nach der Laufbandtherapie die Belastbarkeit und Geschwindigkeit beim Gehen verbessert.

Ob die Effektivität des Laufbandtrainings mit partieller Gewichtsentlastung von der Gehgeschwindigkeit beim Training beeinflusst wird, untersuchten Sullivan und sein Team (2002). Sie teilten 24 Insulpatienten randomisiert drei Grup-

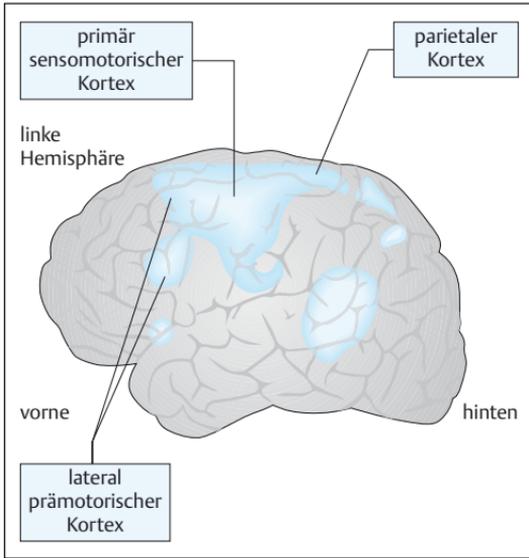


Abb. 4.2 Motorisches Netzwerk im fMRT: Die Probanden führen im Scanner eine Greifbewegung in Richtung einer auf ihrem Bauch liegenden Tasse durch. Während dieser Aufgabe ist ein Netzwerk aus Aktivierungen unter anderem des parietalen Kortex, des prämotorischen Kortex und des primär sensomotorischen Kortex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

Basierend auf der detaillierten Charakterisierung motorischer Defizite bei leichter und schwerer zentraler Armparese gibt es zwei Trainingsverfahren, die die oben aufgeführten Störungen der motorischen Kontrolle spezifisch, umfassend und alltagsrelevant behandeln: Das Arm-BASIS-Training wurde für Patienten mit schwerer Armparese entwickelt, das Arm-Fähigkeits-Training für Betroffene mit leichter Armparese.

7.5 Das Arm-BASIS-Training

Mit dem schädigungsorientierten Training in Form des Arm-BASIS-Trainings versucht man, die behinderten Funktionen wiederherzustellen, da sie bei den Betroffenen für die Einschränkungen bei der Verrichtung des täglichen Lebens ursächlich sind (Chae et al. 2002a, b, Desrosiers et al. 2003, Mercier et al. 2001). Das Konzept wurde von der Physiotherapeutin Christel Eickhof (2001) entwickelt und als Behandlungsmethode für Patienten mit schwerer Armparese ausgewählt, da es einerseits wissenschaftlich begründet ist und andererseits einen positiven klinischen Wirksamkeitsnachweis erbracht hat.

Das Arm-BASIS-Training ist ein systematisches repetitives Training, das beabsichtigt, den vollen aktiven Bewegungsumfang aller Gliedmaßensegmente des Armes wiederherzustellen und seine schnelle Kraftgeneration und -modulation zu verbessern. Daneben soll es die Selektivität und die Ausdauer der motorischen Kontrolle sowie nicht segmentierte Bewegungen fördern und die Kombination von Halteaktivität als auch dynamischer Bewegungskontrolle, Multigelenkskoordination und adäquater Kontrolle bei Einwirkung von äußeren Kräften wiederherstellen. Es berücksichtigt auch das oben bereits erwähnte spezifische Problem der Patienten mit schwerer Armparese: die abnorme Drehmomentkonstellation.

Patienten mit schwerer Armparese lernen automatisch, die ihnen verbleibenden Ressourcen der motorischen Kontrolle im Alltag funktionell zu nutzen. In der Konsequenz führt es dazu, dass Patienten mit Hemiparese teilweise andere Bewegungsmuster als gesunde Patienten generieren: Sie bewegen einzelne Gelenke stärker, andere weniger stark, teilweise rekrutieren sie auch zusätzliche Freiheitsgrade, beispielsweise kompensatorische Rumpfbewegungen (Michaelson et al. 2001, Roby-Brami et al. 2003). Da sich für die Patienten die Nutzung der verbliebenen Ressourcen im Alltag als nützlich erweisen, ist es wahrscheinlich, dass sie solche Bewegungsmuster spontan verstärken. Dieser Kompensationsversuch führt jedoch unter Umständen dazu, dass sich anderes Bewegungsverhalten, das nicht geübt wird, schlechter regeneriert, als dies prinzipiell möglich wäre. Das Arm-BASIS-Training versucht nun, alle Bewegungsmöglichkeiten des Armes sehr systematisch wiederherzustellen, um so eine möglichst umfassende Armfunktionalität zu erreichen.

Es ist in drei konsekutiven Stufen angelegt, in denen man die verschiedenen Freiheitsgrade des Armes in systematischer Weise repetitiv beübt:

7.5.1 Stufe 1: selektives Üben isolierter Bewegungen ohne Halteaktivität

In der Stufe 1 trainiert man eingelenkige Bewegungen mit konzentrischen Kontraktionen, jedoch nicht gegen die Eigenschwere. Das Ziel ist zunächst die schnelle, kraftvolle und nicht segmentierte dynamische Bewegungskontrolle über das gesamte Bewegungsausmaß einzelner Gelenke ohne Halteaktivität wiederherzustellen (**Abb. 7.2**).

7.5.2 Stufe 2: selektives Üben isolierter Bewegungen mit Halteaktivität

Auch bei der Stufe 2 des Arm-BASIS-Trainings übt man eingelenkige Bewegungen mit dem Patienten. Jetzt kombiniert man jedoch die dynamische Aktivität und die Halteaktivität, indem der Patient konzentrische, exzentrische und isometrische Kontraktionen sowohl mit als auch gegen die Schwerkraft oder gegen Widerstand ausführt. Das Ziel liegt jetzt darin, das volle aktive Bewegungsausmaß einzelner Gelenke und auch deren posturale Stabilisierung sowohl unter dem Einfluss des Eigengewichts des Armes als auch unter Einfluss externer Kräfte oder Gewichte wiederherzustellen.



Abb. 7.2 Arm-BASIS-Training: Man trainiert die selektive Innervation für alle Freiheitsgrade des Armes systematisch und repetitiv. Dargestellt sind zwei der vielen Bewegungen, die bei Stufe 1 des Trainings unter Aufhebung der Eigenschwere isolierten geübt werden: Ellenbogenextension und -flexion sowie Fingerabduktion und -adduktion.

Sachverzeichnis

A

- Agonist-Antagonist-Koordination 103 f
- Amphetamin-Medikation 7
 - Armparese, leichte 115
- Apraxie, motorische 8
- Areale, sekundäre motorische 58 ff
- Arm-BASIS-Training 13, 24
 - Armparese, schwere 108 ff
 - Bewegungswiederholungszahl 52
- Arm-Fähigkeits-Training (AFT) 13 f
 - Armparese, leichte 111 ff
- Armparese
 - leichte 106 ff
 - – Arm-Fähigkeits-Training 111 ff
 - schwere 103 ff
 - – Arm-BASIS-Training 108 ff
 - – Training, schädigungsorientiertes 105 f
 - zentrale 102 f
- Armrehabilitation
 - robotorgestützte 21 f
 - spezielle 8
 - Training, schädigungsorientiertes 101 ff
- Armschlinge 8
- Armtherapie, Intensivierung 10 f
- Armtrainer, versus Elektrostimulation, EMG-getriggerte 22
- Aufgabenspezifität, Vermeidung 53
- Aufstehtraining, mit Biofeedback-Trainer 22 f
- Augmentation 50 f

B

- Behandlung, rehabilitative
 - – ambulante 7
 - – multidisziplinäre 7
- Behinderung, Klassifikation, internationale 101
- Beobachtungslernen 68 ff
- Beobachtungsstudie 1 f

Bewegung

- isolierte ohne/mit Halteaktivität 108
- komplexe mit Halteaktivität 110 f
- Bewegungsbeobachtung 68 ff
 - und Spiegelneuronensystem 71
 - Videotherapie 72 f
- Bewegungsstimulation, mentale 67 f
 - – Videotherapie, kombinierte 73 f
- Bewegungsübung, fortgesetzte 66
- Bewegungsumfang, Armparese
 - – leichte 106
 - – schwere 104 f
- Bilateral-movement-Training 71 f
- Biofeedback-Trainer
 - Aufstehtrainer 22 f
 - Stehtrainer 22 f
- Bobath-Therapie 12 f
 - versus
 - – Armrehabilitation, robotorgestützte 22
 - – Constraint-induced-movement-Therapie 14 f
 - – Motor-relearning-Programm 16
 - – Neurorehabilitationsverfahren, motorisches 66
- Botulinumtoxin 9
- Brunnstrom-Therapie 12

C

- Cochrane Collaboration 4 f
- Cochrane-Literaturübersicht 4 ff
 - Würdigung, kritische 10
- Constraint-induced-movement-Therapie (CIMT) 31 ff
 - Bestandteile 32 ff
 - Bildgebende Verfahren 37 f
 - Effekt 61
 - Gehirnreorganisation 38 f
 - Hirnaktivität 37 f
 - Homunkulus 37 f
 - Hypothese 31 f
 - Patienteneinfluss 36

- Rehabilitation, motorische, evidenzbasierte 14 f
 - Review-Projekte 9
 - Säulen 34
 - Studien, klinische 35 ff
 - Übungszeit, Modifikation 37
- Cross-over-Design 3

D

- Defizit, funktionelles, Armparese
- – – leichte 107
 - – – schwere 104 f

E

- EBM (evidenzbasierte Medizin) 1
- Elektroenzephalographie (EEG) 85 f
- Elektrostimulation 7, 24
- EMG-getriggerte 18 f
 - – versus Armtrainer 22
 - funktionelle (FES) 17 f
 - Gangtraining 19
 - neuromuskuläre (NMES) 17
- Elektrotherapie, Schulterschmerz 8
- EMG-Biofeedback 7
- Ergotherapie 7
- Erholung, funktionelle 89 f
- Erlerntes, Stabilität 49 f
- Ermüdung 44
- Erregbarkeit
- Erhöhung 91 ff
 - Hemmung, Kortex, motorischer 93 f
 - intrakortikale 87 f
 - kortikale 83, 87 f, 90 ff
- Evidenz, klinische Studie 10 ff

F

- Fall-Kontroll-Studie 1 f
- Fazilitation, propriozeptive neuromuskuläre (PNF)
- Elektrostimulation, EMG-getriggerte 18
 - Neurorehabilitationsverfahren, motorische 66
- Fitnesstraining, kardiorespiratorisches 9

Funktionsfähigkeit, Klassifikation, internationale 101

G

- Gangrehabilitation 24
- Gangtrainer, elektromechanischer 9
- Gangtraining 8 f
- Elektrostimulation 19
- Gangtraining-Maschine, robotassistierte 9
- Gedächtnis
- Konsolidierungshypothese 44 f
 - prozedurales 43
 - – Spiegelneuronen 70 f
- Gedächtnisbildung 41, 43
- Gedächtniskonsolidierung, und Schlaf 46 ff
- Gedächtnisphänomen, prozedurales, Konsolidierung 45
- Gedächtnisspur, Stabilität 49
- Gedächtnissystem 42 f
- deklaratives 42
 - nichtdeklaratives 42 f
- Gefähigkeit, Laufbandtraining 21
- Gehirn, Kompensationsstrategie nach Schlaganfall 61
- Gehirnreorganisation
- Constraint-induced-movement-Therapie 38 f
 - nach Schlaganfall 58 ff
- Geschwindigkeit, Arm-Fähigkeits-Training 112 f
- Gesundheit, Klassifikation, internationale 101
- Gewichtsentlastung, Laufbandtraining 20 f
- Gleichgewichtstraining 8 f
- Gleichstromstimulation, transkranielle 83 f
- – versus Magnetstimulation, transkranielle 85

H

- Hemisphärenleichgewicht 62 f
- Hilfsmittel, externe 7

Hirnaktivität, und Constraint-induced-movement-Therapie 37 f
 Hirnareale, motorische, Aktivierung 70
 Hirnstimulation 82 ff, 90 ff
 – Interventionsstrategien 91
 – invasive epidurale 85
 – Magnetstimulation, transkranielle repetitive 93
 – Methoden 83 ff
 – nichtinvasive 86, 90
 – mit tDCS 92
 Homunkulus 37 f

I

Impairment-Oriented Training (IOT) 101 f
 – – Entwicklung 102
 Inhibition
 – interhemisphärische 88 f
 – intrakortikale, Reduktion 87 f
 Insult s. Schlaganfall
 Intensitätssteigerung 23 f
 Interaktion, interregionale 88 f
 Interferenz, retrograde 49 f
 – – Verminderung 52
 Interferenzphänomen
 – Auftreten 50
 – Vermeidung 52 f
 Inversmodell 70

K

Kohortenstudie 2
 Konsolidierungshypothese 44 f
 Konsolidierungsprozess, Vermeidung 52 f
 Konsolidierungsvorgang 54
 Kontextinterferenz 54
 Kontextinterferenz-Effekt 50 f
 Kontrolldefizit, motorisches, Arm-Fähigkeits-Training 111 f
 Kontrolle, neuronale, Armparese, schwere 103
 Kontrollgruppe 3
 Konzept, physiotherapeutisches 11 ff
 Kortex
 – motorischer, Erregbarkeit, Erhöhung 91 ff

– – – Hemmung 93 f
 – prämotorischer 61 f
 – primärer sensorimotorischer 58 ff
 Kraftproduktion, Armparese
 – – leichte 106
 – – schwere 103 ff

L

Läsion, virtuelle 84, 89
 Laufband
 – ohne Gewichtsentlastung 21
 – mit partieller Gewichtsentlastung 20 f
 Laufbandtraining 9, 20 f
 – Patient, gehfähiger 21
 Learned-nonuse-Theorie 31
 Leistungsfähigkeit, verbesserte 50 f
 Leistungsverbesserung
 – frühe, Sättigung 46 f
 – verzögerte 44 f
 – – Entwicklung 49
 – – Interferenz, retrograde 49 f
 – – Schläfeinfluss 46 f
 Leitungsgewinn, Sättigung, frühe 54
 Lernen
 – motorisches 43
 – – Arm-Fähigkeits-Training 114
 – – Phasen 44 ff
 – – und Training, mentales 67
 – perzeptuelles 42
 – prozedurales 43
 – – Stabilität des Erlernten 49 f
 – – Umsetzung, praktische 51 ff
 Lernkurve
 – exemplarische 45
 – und Üben 45, 54
 Lernphase
 – frühe 44
 – – Transfer Leistungsgewinn 54
 – späte 51

M

Magnetresonanztomographie, funktionelle (fMRT) 58 f
 – – und Constraint-induced-movement-Therapie 37

- - Regeneration, motorische 85 f
 - Magnetstimulation, transkranielle (TMS) 84
 - - und Constraint-induced-movement-Therapie 37
 - - versus Gleichstromstimulation, transkranielle 85
 - - Neurorehabilitationsverfahren, motorisches 66
 - - Pyramidenbahnläsion 61 f
 - - repetitive (rTMS) 49, 63, 84 f
 - - - Hirnstimulation 90, 93
 - Maßnahmen, mentale 66
 - Medizin, evidenzbasierte 24
 - evidenzbasierte (EBM) 1
 - Mehrgelenkbewegung
 - Arm-BASIS-Training 110 f
 - Armparese, schwere 104 f
 - MEP(motorisch evoziertes Potenzial)-Amplitude 87 f
 - Metaanalyse 2 f
 - Trainingsintensität 11
 - Motor control approach 41
 - Motor learning approach 41
 - Motor-activity-Log (MAL) 34 f
 - Motor-relearning-Programm 12 f, 15 f
 - Multikanal-Elektrostimulation, funktionelle (FMES) 19
 - Multikanalmagnetenzephalographie (MEG) 85 f
 - Muskeltonus, Armparese, schwere 104
- N**
- Nervenstimulation, niederfrequente transkutane elektrische (TENS) 18
 - Nervenzellen, Kommunikation 58 f
 - Netzwerk, motorisches 58 f
 - - Insultpatient 60 f
 - - Magnetresonanztomographie, funktionelle 60 ff
 - - Schema 60
 - - Veränderung 60 f
 - Neuronenkodierung, spiegelbildliche 68
 - Neuroplastizität 83 f
 - Neurorehabilitation
 - Gleichstromstimulation, transkranielle 83 f
 - Hirnstimulation 82 ff
 - Magnetstimulation, transkranielle 84
 - motorische 66 ff
 - Spiegelneuronensystem 71 ff
 - Training, mentales 67 f
 - Nichtgebrauch, gelernter 14
 - - Theorie 31 f
- O**
- Orthese 9
- P**
- Pause, versus Übung beim motorischen Lernen 44
 - Plastizität, neuronale 41, 66
 - PNF s. Fazilitation, propriozeptive neuromuskuläre (PNF)
 - Positronenemissionstomographie (PET) 85 f
 - Potenzial, motorisch evoziertes (MEP) 87
 - Präzision, Arm-Fähigkeits-Training 112 f
 - Pyramidenbahnläsion 61 f
- R**
- Regeneration
 - motorische, Prozesse, intrakortikale 85 f
 - neuroplastische, Untersuchung 85 f
 - Region, reorganisierte kortikale 89 f
 - Rehabilitation
 - motorische evidenzbasierte 1 ff
 - - Hilfsmittel, externe 7
 - - nach Schlaganfall, Literatur 5 f
 - neurologische, Paradigmenwechsel 41
 - Rehabilitationsverfahren, konventionelle 66
 - Review, systematisches 2 f

S

- Schienenimmobilisation 32 f
- Schlaf, und Gedächtniskonsolidierung 46 f
- Schlafsensitivität, und Aufgabendarbietung 46 f
- Schlaganfall
 - Armparese
 - – leichte 106 ff
 - – zentrale 102 f
 - Behandlungsansatz, multidisziplinärer 7
 - Erholung, funktionelle 61, 89 f
 - Erregbarkeit, intrakortikale 87 f
 - Folgen 65
 - Gehirnreorganisation 58 ff
 - Hemisphärengleichgewicht 62 f
 - Hirnstimulation 90 ff
 - Interaktion, interregionale 88 f
 - Kompensationsstrategie, zerebrale 61
 - Region, reorganisierte kortikale 89 f
 - Rehabilitation, motorische, Literatur 5 f
- Schulterschmerz 8
- Schulter-Strapping 8
- Schwelle, motorische, Veränderung 87 f
- Shaping-Technik 33
- Spiegelneuronen 65 ff
 - Aktivierung 68 f
 - Gedächtnis, prozedurales 70 f
 - Lokalisation 68
 - – beim Mensch 69
- Spiegelneuronensystem 68 ff
 - Anregung, gezielte ökonomische 72
 - Bewegungsbeobachtung 71
 - Entdeckung 68
 - Funktionen 70 f
 - menschliches 69 f
 - Neurorehabilitation 71 ff
- Spiegeltraining 17, 71 f
- Sportpsychologie 67
- Standtraining 8 f
- Stehtraining, mit Biofeedback-Trainer 22 f
- Stimulation, kortikale, Bedeutung 82
- Stroke, Literaturrecherche 5 f

Studie

- experimentelle 2 f
- klinische, Evidenz 10 ff
- randomisierte kontrollierte 2 f
- Studiendesign 1 ff
- Studienergebnis, Bewertung 3 f

T

- Taub'sches Training s. Constraint-induced-Movement-Therapie (CIMT)
- Therapieansatz
 - aufgabenorientierter 41
 - konzeptueller 101
 - neurofazilitatorischer 41 f
- Therapieintensität 23 f
- Therapiestrategie, interventionelle, Ansätze 83
- Therapieverfahren, übende, Gestaltung 52
- Training
 - aufgabenorientiertes 15 f
 - aufgabenspezifisches repetitives 8
 - hoch repetitives 52
 - mentales 9
 - – und Lernen, motorisches 67
 - schädigungsorientiertes 101 ff
 - – Armparese
 - – – leichte 106 f
 - – – schwere 105 f
 - schlafunabhängiges 53
 - sensomotorisches, repetitives 15
- Trainingsansatz, impliziter 53
- Trainingsintensität 10 f
- Transcranial magnetic stimulation (TMS) 84 f
- Transcranial-direct-current-Stimulation (tDCS) 83
 - Hirnstimulation 90, 92

U

- Üben
 - aktives 73 f
 - und Lernkurve 45, 54
 - verteiltes 54

Übung, versus Pause beim motorischen
Lernen 44
Übungsanleitung, implizite zielorientierte
54
Übungsvariation, Arm-Fähigkeits-Training
114 f
Übungswiederholung
– Arm-Fähigkeits-Training 114
– notwendige 52
Übungswiederholungsanzahl 46
Unabhängigkeit, funktionelle 8

V

Videotherapie 72 f
– kombinierte 73 f
Vorwärtsmodell 70

W

Wiederholungsanzahl 46
Wolf-motor-function-Test (WMFT) 34

Z

Zeitfenster
– kritisches 47, 54
– vulnerables 49