

Inhalt

Geleitwort ...	V
Vorwort ...	VI
Herausgeber ...	VII
Anschriften ...	VIII

1 Evidenzbasierte Rehabilitation nach Schlaganfall ... 1

Roland van Peppen, Jan Mehrholz

1.1	Einleitung Schlaganfall ...	1
1.2	Physiotherapie als bedeutender Bestandteil der Rehabilitation nach Schlaganfall ...	1
1.3	International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) ...	2
1.4	Evidenzbasierte Praxis ...	3
1.5	Ungenügende Evidenz für bestimmte Behandlungsansätze ...	3
1.6	Klinische Behandlungsleitlinien zur Schlaganfallrehabilitation ...	4
1.7	Implementierung von Leitlinien ...	5
1.8	Lerninhalte ...	6

2 Prädiktoren nach Schlaganfall ... 9

Hartwig Woldag, Horst Hummelsheim

2.1	Prädiktoren des globalen Outcomes ...	9
2.1.1	Harninkontinenz ...	10
2.1.2	Erneuter Schlaganfall ...	10
2.1.3	Lateralisation ...	11
2.1.4	Größe und Lokalisation der Hirnläsion ...	11
2.1.5	Alter ...	11
2.1.6	Geschlechtsspezifische Unterschiede ...	12
2.1.7	Post stroke depression ...	12
2.2	Prädiktoren der funktionellen Erholung des Arms ...	12
2.3	Lernfragen ...	14

3 Neuroplastizität ... 17

Joachim Liepert

3.1	Einleitung und Definition ...	17
3.2	Beispiele übungsinduzierter Plastizität ...	17
3.2.1	Plastizität durch gesteigerten sensiblen Input und motorisches Lernen ...	17
3.2.2	Plastizität durch externe (apparative) Stimulationen ...	18
3.3	Beispiele läSIONSinduzierter Plastizität ...	18
3.3.1	Tierexperimentell ...	18
3.3.2	Humanexperimentell ...	19
3.4	Plastizität als Phänomen mit negativer Konsequenz ...	19
3.5	Mechanismen der Plastizität ...	20
3.5.1	Strukturelle Plastizität ...	20

- 3.5.2 „Hebb’sche“ Plastizität und homöostatische Plastizität ... 20
- 3.5.3 Long-term potentiation (LTP) und long-term depression (LTD) ... 21
- 3.5.4 Inhibition durch GABA ... 21
- 3.5.5 Neurotrophe Wachstumsfaktoren ... 21
- 3.5.6 Faktoren, die plastische Veränderungen blockieren ... 22
- 3.6 Zeitliche Abläufe von Plastizität ... 22
- 3.7 Lernfragen ... 22

4 Motorisches Lernen und grundlegende psychologische Bedürfnisse: Implikationen für die Rehabilitation nach Schlaganfall ... 27

Gabriele Wulf, Rebecca Lewthwaite, Carolee J. Winstein

- 4.1 Einleitung ... 27
- 4.2 Lernen versus Leistung ... 28
- 4.3 Kompetenz ... 29
 - 4.3.1 Positive Rückmeldungen ... 29
 - 4.3.2 Fähigkeitskonzepte ... 31
 - 4.3.3 Aufmerksamkeitsfokus ... 32
 - 4.3.4 Schlussfolgerungen ... 33
- 4.4 Autonomie ... 34
 - 4.4.1 Rückmeldungen ... 34
 - 4.4.2 Unterstützende Geräte ... 35
 - 4.4.3 Bewegungsbeobachtung ... 36
 - 4.4.4 Schlussfolgerungen 36
- 4.5 Soziale Eingebundenheit ... 36
 - 4.5.1 Schlussfolgerungen ... 37
- 4.6 Zusammenfassung und Ausblick ... 37
- 4.7 Lernfragen ... 38

5 Forced-use-Therapie ... 43

Susanna Freivogel

- 5.1 Einleitung ... 43
- 5.2 Hintergrund ... 43
- 5.3 Restriktion ... 44
 - 5.3.1 Durchführung ... 46
 - 5.3.2 Einschränkungen einer Restriktionsbehandlung ... 47
 - 5.3.3 Zeitpunkt ... 47
 - 5.3.4 Repetitives Funktionstraining ... 47
 - 5.3.5 Bilaterales repetitives Funktionstraining ... 49
 - 5.3.6 Checkliste ... 49
- 5.4 Testinstrumente ... 50
- 5.5 Ergebnisse ... 50
- 5.6 Zusammenfassung ... 51
- 5.7 Lernfragen ... 52

6 Mentales Training: Lernen durch Bewegungsvorstellung und -imitation ... 55

Christian Dettmers, Violetta Nedelko

- 6.1 Begriffsbestimmung ... 55
- 6.2 Grundlagen ... 56
 - 6.2.1 Abgrenzung zwischen mentaler und manueller Rotation ... 56
 - 6.2.2 Bewegungsvorstellung nutzt Strukturen, die auch bei der Bewegungsausführung tätig sind ... 56
 - 6.2.3 Kinästhetische und visuelle Bewegungsvorstellung ... 56
 - 6.2.4 Sport ... 57
- 6.3 Spiegelneuronensystem (SNS) ... 58
 - 6.3.1 Konzept des Spiegelneuronensystems ... 58
 - 6.3.2 Exzitabilitätssteigerung durch Beobachtung und Vorstellung ... 58
 - 6.3.3 Hemisphärenspezialisierung? ... 58
 - 6.3.4 Einfluss des SNS auf motorisches Lernen ... 59
 - 6.3.5 Altersabhängigkeit des SNS ... 59
- 6.4 Funktionelle Bildgebung ... 59
- 6.5 Assessments ... 60
 - 6.5.1 Fragebögen zur Erfassung der Lebhaftigkeit des Bewegungsvorstellungsvermögens ... 61
 - 6.5.2 Chronometrische Tests ... 61
 - 6.5.3 Handidentifizierungsaufgabe ... 61
 - 6.5.4 Autonome Testungen ... 62
- 6.6 Bewegungsvorstellung bei Patienten ... 62
- 6.7 Bewegungsvorstellungstraining in der Rehabilitation ... 62
- 6.8 Bewegungsbeobachtung bei Gesunden ... 64
- 6.9 Bewegungsbeobachtungstraining in der Rehabilitation ... 64
- 6.10 Unterschied zwischen Beobachtung und Vorstellung von Bewegung ... 64
- 6.11 Kritische Bemerkungen ... 66
- 6.12 Zusammenfassung ... 67
- 6.13 Lernfragen ... 67

7 Spiegeltherapie ... 71

Chrisitan Dohle

- 7.1 Die Idee zum Einsatz des Spiegels ... 71
- 7.2 Neurophysiologie – was bewirkt der Spiegel? ... 72
 - 7.2.1 Effekt auf die zerebrale Aktivierung ... 72
 - 7.2.2 Effekt auf die Motorik ... 72
- 7.3 Klinische Daten ... 74
- 7.4 Wirkmechanismus der Spiegeltherapie ... 75
- 7.5 Therapeutische Umsetzung ... 76
 - 7.5.1 Therapiesetting ... 76
 - 7.5.2 Bewegungsauftrag für die nicht betroffene Extremität ... 76
 - 7.5.3 Bewegungsauftrag für die betroffene Extremität ... 77
- 7.6 Integration in den Therapiealltag ... 78
- 7.7 Zusammenfassung ... 78
- 7.8 Lernfragen ... 79

8 Arm-Basis-Training und Arm-Fähigkeits-Training ... 81

Thomas Platz

- 8.1 Einleitung ... 81
- 8.2 Die therapeutische Entscheidung ... 81
- 8.3 Entwicklungshintergrund des schädigungsorientierten Training ... 82
- 8.4 Arm-BASIS-Training ... 82
- 8.5 Arm-Fähigkeits-Training ... 84
- 8.6 Indikationen für das Arm-Basis- und Arm-Fähigkeits-Training ... 86
- 8.7 Schulung für IOT-Anwender ... 86
- 8.8 Wirksamkeitsnachweise – ein Markenzeichen der IOT-Verfahren ... 87
- 8.8.1 Wirksamkeitsnachweise in der Armrehabilitation ... 87
- 8.8.2 Randomisierte kontrollierte Studien für das Arm-BASIS-Training und Arm-Fähigkeits-Training ... 87
- 8.8.3 Konventionelle Therapie versus schädigungsorientierte Therapie (IOT) ... 88
- 8.8.4 Fazit ... 91
- 8.9 Lernfragen ... 92

9 Balancetraining nach Schlaganfall ... 95

Martin Hofheinz, Michael Mibs, Bernhard Elsner

- 9.1 Einleitung ... 95
- 9.2 Durchführung ... 96
- 9.2.1 Grundlagen zur Balance ... 96
- 9.2.2 Grundlagen der Therapie der Balancestörungen ... 100
- 9.3 Evidenz ... 103
- 9.3.1 Reviews im Allgemeinen ... 103
- 9.3.2 Balancetraining in der akuten, subakuten und postakuten Phase nach Schlaganfall ... 103
- 9.3.3 Balancetraining in der chronischen Phase nach Schlaganfall ... 105
- 9.4 Methodische Strategien ... 106
- 9.4.1 Variationsformen des Übens ... 107
- 9.4.2 Strategien zur Variation von Übungsprogrammen ... 107
- 9.4.3 Sicherheit – die wichtigste Maßnahme ... 110
- 9.4.4 Unterschied zwischen Üben und Lernen ... 110
- 9.4.5 Konstantes versus variables Üben ... 111
- 9.4.6 Zufälliges Training versus Blocktraining ... 111
- 9.5 Lernfragen ... 111

10 Krafttraining ... 115

Caroline Renner, Horst Hummelsheim

- 10.1 Einleitung ... 115
- 10.2 Definitionen ... 115
- 10.3 Klinische Grundlagen: Besonderheiten der Kraftminderung nach Schlaganfall ... 116
- 10.3.1 Einfluss der Muskellänge auf die Kraftentwicklung ... 116
- 10.3.2 Geschwindigkeit des Kraftaufbaus ... 118
- 10.4 Krafttraining in der Rehabilitation nach Schlaganfall ... 118
- 10.4.1 Progressives Widerstandstraining ... 118
- 10.4.2 Kombinationstraining aus aufgabenorientiertem und Widerstandstraining ... 119
- 10.5 Schlussfolgerung ... 120
- 10.6 Lernfragen ... 121

11 Ausdauertraining nach Schlaganfall ... 123

Jan Mehrholz

- 11.1 Einleitung ... 123
- 11.2 Ausdauertraining ... 124
 - 11.2.1 Ursachen der Dekonditionierung nach Schlaganfall und abgeleitete Zielsetzungen ... 124
 - 11.2.2 Leitlinien der American Heart Association ... 124
- 11.3 Status quo oder inwieweit wird derzeit konditioniert? ... 125
- 11.4 Trainingssteuerung ... 125
 - 11.4.1 Herzfrequenz und adaptierte Karvonen-Formel ... 125
 - 11.4.2 Borg-Skala ... 126
 - 11.4.3 Energieverbrauch, Spirometrie ... 126
- 11.5 Welche Übungen in der Physiotherapie lassen welche Intensitäten erwarten? ... 126
- 11.6 Was ist beim aeroben Training zu beachten? ... 128
 - 11.6.1 Screening ... 128
 - 11.6.2 Patientenvorbereitung ... 128
 - 11.6.3 Trainingsplanung und -umgebung ... 128
 - 11.6.4 Therapiemodus, -dauer und -häufigkeit ... 128
 - 11.6.5 Trainingsintensität ... 128
 - 11.6.6 Ergebnismessung ... 128
 - 11.6.7 Modifizierung des Lebensstils ... 128
- 11.7 Welche Effekte sind durch kardiovaskuläres Training erreichbar? ... 128
- 11.8 Zusammenfassung ... 131
- 11.9 Lernfragen ... 131

12 Laufbandtraining nach Schlaganfall ... 135

Louise Ada, Catherine Dean

- 12.1 Einleitung ... 135
- 12.2 Laufbandtraining mit Körpergewichtsentlastung für nicht gehfähige Patienten nach Schlaganfall ... 135
 - 12.2.1 Wissenschaftliche Nachweise für Laufbandtraining mit Körpergewichtsentlastung ... 136
 - 12.2.2 Wie man Laufbandtraining mit Körpergewichtsentlastung durchführen sollte ... 137
 - 12.2.3 Tipps zum Laufbandtraining ... 138
- 12.3 Laufbandtraining bei chronischen gehfähigen Patienten nach Schlaganfall ... 140
 - 12.3.1 Gründe für Laufbandtraining bei diesen Patienten ... 140
 - 12.3.2 Wissenschaftliche Evidenz für Laufbandtraining bei gehfähigen Patienten ... 141
 - 12.3.3 Wie man Laufbandtraining durchführen sollte ... 141
 - 12.3.4 Schlussfolgerung ... 144
- 12.4 Lernfragen ... 144

13 Elektromechanisch assistiertes Training ... 147

Jan Mehrholz

- 13.1 Apparatetechnologie in der neurologischen Rehabilitation ... 147
 - 13.1.1 Vor- und Nachteile der Apparatetechnologie hinsichtlich der Rehabilitation nach Schlaganfall ... 147
- 13.2 Elektromechanisch assistiertes Gehtraining ... 148
 - 13.2.1 Wissenschaftliche Belege, Cochrane-Evidenz zum elektromechanisch assistierten Training der unteren Extremität ... 150
- 13.3 Elektromechanisch assistiertes Armtraining ... 152

- 13.3.2 Wissenschaftliche Belege, Cochrane-Evidenz zum elektromechanisch assistierten Training der oberen Extremität ... 154
- 13.4 Lernfragen ... 155

14 Upper Motor Neuron Syndrome und Kontrakturen ... 159 Jan Mehrholz, Marcus Pohl

- 14.1 Upper Motor Neurone Syndrome (UMNS) ... 159
 - 14.1.1 Geschichte und Begriffsentwicklung ... 159
 - 14.1.2 Aktuelle Definition ... 160
 - 14.1.3 Pathophysiologie der Plussymptome ... 161
 - 14.1.4 Epidemiologie der Plussymptome ... 161
 - 14.1.5 Methoden zur Evaluation der Plussymptome ... 162
 - 14.1.6 Klinische Messmethoden ... 162
 - 14.1.7 Neurophysiologische Messmethoden ... 164
 - 14.1.8 Biomechanische Messmethoden ... 165
- 14.2 Adaptive Symptome des UMNS: Kontraktur ... 165
 - 14.2.1 Definition ... 165
 - 14.2.2 Klinische Evaluation ... 166
 - 14.2.3 Kontraktur in der neurologischen Rehabilitation ... 168
 - 14.2.4 Epidemiologie ... 168
 - 14.2.5 Prävention und Therapie ... 169
- 14.3 Lernfragen ... 173

15 Pusher-Symptomatik ... 179 Christian Zange

- 15.1 Einführung ... 179
- 15.2 Definitionskriterien und Abgrenzung ... 180
- 15.3 Ursache und Lokalisation der Störung ... 181
- 15.4 Assessment ... 184
- 15.5 Therapie ... 187
- 15.6 Lernfragen ... 191

16 Neglect ... 195 Gudrun Sylvest Schönherr

- 16.1 Definition und Arten des Neglects ... 195
 - 16.1.1 Definition des Neglects ... 195
 - 16.1.2 Arten des Neglects ... 196
 - 16.1.3 Extinktion ... 198
 - 16.1.4 Assoziierte Defizite ... 199
- 16.2 Diagnose des Neglects ... 200
 - 16.2.1 Selbst- und Fremdanamnese ... 200
 - 16.2.2 Modalitätsspezifische Befundung ... 200
- 16.3 Störungstheorien und Erklärungsmodelle ... 201
- 16.4 Behandlung von Neglect, Extinktion und Unawareness ... 201
 - 16.4.1 Allgemeine Maßnahmen im Umgang mit Neglectpatienten ... 202
 - 16.4.2 Behandlungsmethoden des Neglects ... 204
 - 16.4.3 Extinktionsbehandlung ... 209

- 16.4.4 Verbesserung der Awareness ... 210
- 16.4.5 Alltagsbezogene Therapie ... 211
- 16.4.6 Zusammenfassung ... 211
- 16.5 Lernfragen ... 212

Anhang: Messinstrumente in der neurologischen Rehabilitation ... 217

Jan Mehrholz

- Assessments zu Körperfunktionen und Strukturen ... 217
- Spezielle Assessmentinstrumente zur Messung von Armfunktionen/Armaktivitäten ... 218
- Spezielle Assessmentinstrumente zur Erfassung der Gehfähigkeit ... 219
- Spezielle Assessmentinstrumente zur Testung des Gleichgewichts ... 221
- Allgemeine Messinstrumente zur Motorik bzw. zu motorischen Aktivitäten ... 222
- Assessments zu Aktivitäten ... 224
- Messung von (gesundheitsbezogener) Lebensqualität und Partizipation bzw. Teilhabe ... 225

Sachverzeichnis ... 231

- 20° Dorsalextension Handgelenk,
- 10° Extension der Fingergelenke,
- 20° Schulterflexion,
- keine exzessive Spastik (>Grad 3 modifizierte Ashworth-Skala (Bohannon u. Smith 1987) in mehr als 2 Gelenken),
- posturale Kontrolle ausreichend, so dass keine Sturzgefährdung vorliegt.

Um den Patienten in seinen Selbsthilfeaktivitäten nicht zu sehr in seiner Autonomie einzuschränken, sollte aus klinisch praktischer Erfahrung in Ergänzung dazu zusätzlich ein Grobgriff (Faustgriff, Hakengriff, Lateralgriff) mit der betroffenen Hand möglich sein. Die motorischen Leistungen der betroffenen Seite müssen ausreichend sein, um in Notsituation die Restriktion zu entfernen.

An kognitiven Leistungen ist neben einem ausreichenden Sprachverständnis auch eine Einseh- und Planungsfähigkeit Voraussetzung. Die Tatsache, dass die effektive Strategie des kompensatorischen Einsatzes des nichtbetroffenen Arms für ein ungewisses Fernziel aufgegeben werden soll, stellt größte Anforderungen an die Planungs- und Antizipationsfähigkeit des Patienten.

Ebenso setzt die eingeschränkte Autonomie und die verlangsamte Durchführung von Selbsthilfeaktivitäten eine beträchtliche Frustrationstoleranz der Patienten voraus. Deshalb kann eine Restriktionsbehandlung nur dann erfolgreich angewandt werden, wenn eine tragfähige, intern generierte Motivation zur Durchführung dieses Vorgehens sowie auch eine stabile emotionale und motivationale Bindung an das durchführende Rehabilitationsteam vorhanden sind.

Sensibilitätsstörungen oder ein motorischer Neglect sind hingegen keine Gründe, eine Restriktionsbehandlung auszuschließen (van der Lee et al. 1999).

Edward Taub schätzt den Anteil von chronischen Patienten nach Schlaganfall, die von einer Restriktionsbehandlung profitieren könnten, relativ hoch ein und geht von einer möglichen Größenordnung von 50% aus (zitiert nach Dettmers et al. 2005). In der klinischen Praxis hat sich dieser hohe Prozentsatz jedoch nicht bestätigt.

Erfüllen die Patienten die obenerwähnten Einschlusskriterien, sind Geschlecht, Seite der Hemiparese, Zeitraum vom akuten Ereignis bis zum Therapiebeginn und auch die Schwere der Hand- und Armdefizite und Sensibilitätsdefizite für den Erfolg der Behandlung irrelevant (Rijntjes et al. 2005).

Zur Immobilisierung der nichtbetroffenen oberen Extremität können Unterarmschienen, Arm-

schlingen oder ein Handschuh eingesetzt werden (**Abb. 5.1**).

Die Art der Restriktion erfolgt in Absprache mit dem Patienten. Zu beachten sind dabei neben der Kooperationsbereitschaft des Patienten auch mögliche posturale Probleme. Während bei vorhandenen posturalen Defiziten vorzugsweise Handschuhe oder Armschlingen eingesetzt werden, mit denen bei Gleichgewichtsproblemen die nicht betroffene Hand gleichwohl zum Stützen benutzt werden kann, muss die Restriktion bei eher ungeduldigen Patienten die Fingerbewegungen vollständig verhindern, was z.B. durch einen Fäustling, in den ein Brett eingebracht ist, möglich wird. Neben der Art der Restriktion werden auch die Dauer und die Ausnahmen der täglichen Restriktion besprochen und in einem Vertrag verbindlich festgehalten.

Behandlungsvertrag

Allgemeines

Ich, erkläre mich einverstanden, eine Schiene an meinem gesunden Arm zu tragen. Ich erkläre mich bereit, den betroffenen Arm so viel wie möglich einzusetzen. Die Schiene soll mich davon abhalten, den gesunden Arm zu gebrauchen. Die Schiene nehme ich nur bei den festgelegten Tätigkeiten, oder wenn meine Sicherheit gefährdet ist, ab.

Einsetzen des betroffenen Arms

Ich bin einverstanden, dass ich versuche in und außerhalb der Klinik nur den betroffenen Arm einzusetzen, mit Ausnahme folgender Situationen:

1. Aktivitäten, bei denen meine Sicherheit gefährdet ist,
2. Aktivitäten, die mit beiden Händen ausgeführt werden müssen,
3. wenn ich Wasser verwende (Toilette und Händewaschen).

Je länger ich die Schiene trage, umso besser. Die tägliche Tragedauer muss mindestens Stunden betragen. Wann ich die Schiene trage, halte ich im Schienentagebuch fest.

Unterschrift Patient:

Unterschrift Therapeut:

Allgemeines:



a



c



b

Abb. 5.1 Hilfsmittel zur Immobilisierung der nicht betroffenen Extremität.

a Armschlinge zur Restriktion des nicht betroffenen Arms.

b Lagerungsschiene, die zur Restriktion des nicht betroffenen Arms eingesetzt wird.

c Handschuh mit Klettverschluss und Brett auf der Volarseite zur Restriktion der nicht betroffenen Extremität.

Durch die Unterzeichnung des Vertrags soll sich der Patient bewusst für die Einhaltung der Therapieregeln entscheiden. Können die Regeln nicht eingehalten werden, wird das weitere Vorgehen besprochen und allfällige Änderungen im Vertrag vermerkt. Festgehalten werden sollte vor Therapiebeginn auch, welche Gründe einen Therapieabbruch bewirken.

5.3.1 Durchführung

Die Zeiten während der die Restriktion getragen wird, werden anhand eines Protokolls dokumentiert. Der Patient wird jeweils am Folgetag befragt und die Zeiten entsprechend eingetragen. Erfasst wird bei der Befragung auch, welche Tätigkeiten mit der betroffenen Hand durchgeführt wurden und welche Schwierigkeiten während des Tragens der Schiene aufgetreten sind. Therapeutische Aufgabe ist es, zusammen mit dem Patienten Lösungen für auftretende Probleme zu suchen und den Patienten für das weitere Tragen der Restriktion zu

ermutigen und zu motivieren. Im Klinikalltag ist es unabdingbar, dass alle weiteren Therapiebereiche und die Pflege über das Vorgehen informiert und zur Unterstützung mit einbezogen werden.

5.3.2 Einschränkungen einer Restriktionsbehandlung

Möglicherweise sind Patienten, deren Funktionsrestitution auf einer Aktivierung durch den ipsilateralen Motorkortex (der nicht betroffenen Hemisphäre) beruht, für eine Restriktionsbehandlung nicht geeignet. Diese Patienten fallen klinisch bei Aktivitäten der betroffenen Seite durch ausgeprägte spiegelbildliche Mitbewegungen der nicht betroffenen Seite auf. Bei diesen Patienten könnte eine Immobilisierung der nicht betroffenen Seite die Bewegungsfähigkeit der betroffenen Seite verschlechtern. Weiller et al. schätzen die Quote der hemiparetischen Patienten, bei denen das der Fall sein könnte, mit 10–15% ein (Weiller u. Rijntjes 2005).

Kritisch anzumerken ist hier auch, dass die motorischen Defizite bei Patienten nach Schlaganfall in der Regel auch die bimanuelle Koordination (Wu et al. 2008) und dadurch auch die Durchführung von bimanuellen Alltagsaktivitäten betreffen. Diese können während der Zeit, in der eine Restriktion erfolgt, nicht geübt werden und müssen durch den Therapeuten oder durch Hilfspersonen unterstützt werden.

5.3.3 Zeitpunkt

Auf die Frage, welches der richtige Zeitpunkt zur Durchführung einer Restriktionsbehandlung ist, liegt noch keine abschließende Antwort vor. Zwar haben die Studien von Taub und Miltner (Taub et al. 1993, Miltner et al. 1999) gezeigt, dass auch Jahre nach einer Hirnschädigung und einem etablierten „erlernten Nichtgebrauch“ eine Verhaltensänderung durch eine intensive Übungsbehandlung und die Restriktionsbedingung möglich ist, doch ist zu überlegen, ob nicht durch eine frühzeitig einsetzende Behandlung, die Entwicklung eines „erlernten Nichtgebrauch“ verhindert werden könnte. Weil jedoch während der Akutphase wegen der möglichen Gefahr einer erhöhten Exitoxizität intensiv übender Verfahren und während der Rehabilitationsphase eine (vorübergehende) Einschränkung der Autonomie durch die Restriktion infrage

gestellt werden, da zu diesem Zeitpunkt die größtmögliche Selbstständigkeit des Patienten im Vordergrund steht, liegen dazu noch keine verwertbaren Daten vor.

5.3.4 Repetitives Funktionstraining

In der zusätzlich zur Schienenbedingung durchgeführten Übungstherapie werden Hand- und Armbewegungen mit der betroffenen Seite wiederholt (repetitiv) und unter kontinuierlicher Steigerung des Schwierigkeitsgrades (= Shaping) geübt. Dabei stehen nicht isolierte Bewegungen, sondern funktionelle Aktivitäten im Vordergrund. Zentral für funktionelle Aktivitäten ist die Fähigkeit *Objekte* zu ergreifen, zu halten, zu bewegen und zu manipulieren. Dies setzt nicht nur Hand-, Finger-, Ellbogen- und Schulterbewegungen voraus, sondern zum zielgenauen, schnellen Ergreifen eines Objekts auch die Integration visueller Information über Größe und Raumposition der Objekte. Ebenso müssen Oberflächenstruktur und Gewicht eines Objekts in das Bewegungsprogramm integriert werden, denn sie bedingen eine unterschiedliche an das jeweilige Objekt angepasste Griff- und Haltekraft. Aus diesem Grunde werden während des repetitiven Funktionstrainings vorzugsweise Aktivitäten, die in Komponenten zerlegt werden können, mit *Objekten* geübt.

Das individuell den Fähigkeiten des Patienten angepasste Funktionstraining findet vor dem Hintergrund der mit dem Patienten vereinbarten Behandlungsziele statt. Die vereinbarten Behandlungsziele sollten konkret und realisierbar sein und können im Sinne eines Stufenmodells in Teilabschnitte gegliedert werden. Ein Behandlungsziel, das nur als allgemeine Verbesserung mit Erhöhung von Tempo, Kraft und Beweglichkeit definiert wird, ist zu unkonkret. Als Zielvorgabe reicht auch die Aussage „wieder normal essen zu können“ nicht. Es sollte klar benannt werden, ob zum Beispiel ein Löffel zum Mund geführt oder ein Messer beim Schneiden gehalten werden soll. Eine konkrete, aktivitätsorientierte Zielvorgabe motiviert den Patienten und gibt Hinweise zu Übungsinhalten.

Geübt werden – unter positiver Verstärkung vonseiten des Therapeuten – einzelne zur Durchführung der erwünschten Aktivität notwendige Bewegungskomponenten (= „part practice“) und/oder ganze motorische Handlungen/Aufgaben (= „task practice“). Der Schwierigkeitsgrad einer Anforderung

rung wird – in Abhängigkeit vom Bewegungserfolg – sukzessiv bis hin zur der funktionell erwünschten Fertigkeit gesteigert (= Shaping).

Ist das Therapieziel z.B. das Trinken aus einer Tasse, werden dazu zuerst die Bewegungen Fingerstreckung, Greifen, Handgelenksstabilisation, Stabilisation des Armgewichtes und die Bewegung des Armes im Raum im Sinne eines Komponententrainings isoliert geübt. Sind die einzelnen Bewegungskomponenten erlernt, kann der komplexe Bewegungsablauf als Üben der motorischen Handlung/Aufgabe durch das Ergreifen der Tasse und Zum-Mund-führen trainiert werden. Ob das Training einzelner Komponenten oder der motorischen Handlung/Aufgabe im Vordergrund steht, hängt vom Schwierigkeitsgrad der Anforderung und der Leistungsfähigkeit des Patienten ab. Nur wenn der Schwierigkeitsgrad der Anforderung auf die individuelle Leistungsgrenze des Patienten abgestützt ist, kann ein Lernzuwachs erzielt werden (Woldag et al. 2003).

Im Gegensatz zu einem isolierten sensomotorischen Üben werden beim repetitiven Funktionstraining Objekte eingesetzt, die sowohl eine Zielvorgabe als auch eine Rückmeldung zum Bewegungserfolg bewirken. Beim Üben mit Objekten wird der Bewegungserfolg nicht nur intrinsisch, sondern auch visuell und/oder akustisch rückgemeldet und die Aufmerksamkeit auf das Bewegungsziel fokussiert (Wulf et al. 1998, Wulf et al. 2010). Ist zum Beispiel das Ziel die Bewegungskomponente „Supination des Unterarms“ zu verbessern, wird ein Lineal gegriffen, mit dem ein seitlich liegender Gegenstand berührt werden muss. Die Instruktion des Therapeuten soll dabei verhindern, dass der Patient eine unerwünschte Kompensationsstrategie benutzt, die ein Beüben der erwünschten Komponente verhindert (Abb. 5.2).

Die Anforderung– in diesem Falle eine vergrößerte Supination – kann gesteigert werden, wenn das Objekt, das mit dem Lineal getroffen werden muss, kleiner wird. Geübt wird immer an der momentanen individuellen Leistungsgrenze des Patienten und unter Ziel- und Zeitvorgabe. Der Therapeut formuliert die Aufgabe, notiert sich die beübte Bewegungskomponente und misst die Zeit, die der Patient zur Durchführung einer vorgegebenen Anzahl Wiederholungen braucht.

Ist die erwünschte Bewegungskomponente „Pronation und Supination des Unterarms“, kann die Aufgabe z.B. heißen: „Wie lange brauchen Sie, um die 10 Bierdeckel umzudrehen?“ Die Zeit zur



Abb. 5.2 Um eine endgradige Supination zu erreichen, muss der Gegenstand, der berührt werden soll, niedrig sein und der Unterarm des Patienten auf dem Tisch liegen bleiben.

Durchführung wird gemessen, dem Patienten rückgemeldet und in einen Protokollbogen eingetragen. Die Rückmeldung der Zeit soll den Patienten motivieren, bei einem nächsten Übungsdurchgang die 10 Bierdeckel noch schneller umzudrehen.

Beim Üben von Komponenten oder motorischen Handlungen/Aufgaben kann entweder eine Zeit vorgegeben und die Anzahl der Durchführungen gezählt werden oder die Anzahl der Durchführungen vorgegeben und die benötigte Zeit gemessen werden. Als Beispiel für eine Zeitvorgabe: Wie viele Murmeln können in 30 Sekunden aus einem Gefäß genommen werden? Als Beispiel für die Anzahl: Wie viel Zeit benötigt der Patient, um 10 Bälle in einen Korb zu legen? Unabhängig davon wird jede Aufgabe mit 6–10 Übungsdurchgängen wiederholt und ca. 10–15 Minuten lang geübt.

Ausgewählt werden die geübten Bewegungskomponenten und motorischen Handlungen/Aufgaben zum einen vor dem Hintergrund der Ziele des Patienten und zum andern von einer vom Therapeuten eingeschätzten Verbesserungsfähigkeit. Wegen ihrer Bedeutung für funktionelle Aktivitäten stehen grundsätzlich distale Komponenten wie Fingerstreckung, Griffkraft, Handgelenksstabilisation im Vordergrund und werden vorrangig vor dem Beüben von Schulterbewegungen erarbeitet.

Während einer Therapieeinheit von einer Stunde werden 3–5 Übungsaufgaben durchgeführt. In der nächsten Therapiesitzung wiederholt der Patient die gleichen Aufgaben, solange, bis der Patient das Tempo nicht mehr deutlich verbessern kann. Dann wird im Sinne des „Shapings“ eine Steigerung der Anforderung in Bezug auf Bewegungsradius, Ziel-

sition, jedoch könnte diese für viele Patienten ein unrealistisches Ziel darstellen (Shumway-Cook u. McCollum 1990).

Übungen zum Wiedererlernen des Alignments (Shumway-Cook u. Woollacott 2007):

- Der Patient soll eine vertikale Position finden und halten (Augen offen/geschlossen).
- Der Patient erhält visuelles Feedback durch einen Spiegel. Der Spiegel ist mit einem längeren vertikalen Klebestreifen präpariert. Der Patient trägt ein T-Shirt mit einem vertikalen Strich in der Mitte. Jetzt soll der Patient den vertikalen Strich auf seinem T-Shirt mit dem vertikalen Strich auf dem Spiegel in Übereinstimmung bringen. Steigerungen: aus dieser Position etwas greifen, wieder zurück in diese Position. Der Spiegel sollte abwechselnd ab- und aufgedeckt werden, so dass der Patient manchmal mit und manchmal ohne visuellem Feedback trainiert (**Abb. 9.2a** und **b**).
- Der Patient sitzt oder steht vor einer Wand, mit einer an der Hüfte oder Kopf befestigten Taschenlampe. An der Wand kleben drei, in gleich-

mäßigem Abstand angebrachte Kreisscheiben. Diese dienen als Ziele für den Lichtstrahl der Taschenlampe. Der Patient soll nun den Lichtstrahl der Taschenlampe in Übereinstimmung mit den Zielen bringen und diese Positionen halten. Die Taschenlampen sollten wahlweise ein- und ausgeschaltet werden (**Abb. 9.3**) (Shumway-Cook u. Horak 1992).

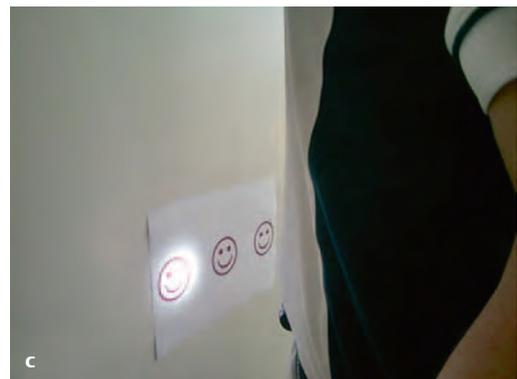
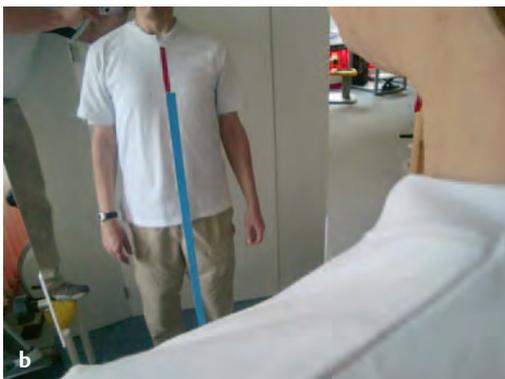
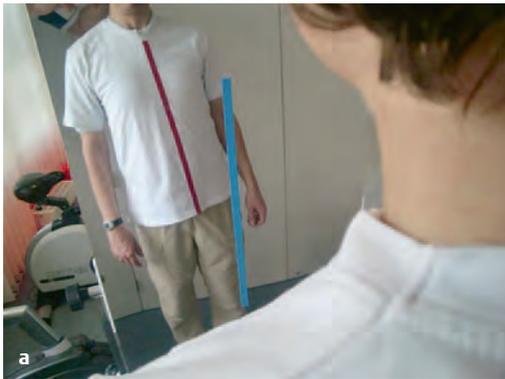


Abb. 9.2 Visuelles Feedback durch einen Spiegel.
a Linie ohne Deckung. b Linie mit Deckung.

Abb. 9.3 Ziele mit dem Lichtstrahl treffen. a Leuchte rechts. b Leuchte Mitte. c Leuchte links.

- Der Patient sitzt oder steht mit dem Rücken zur Wand und lehnt sich an. Somit erhält er ein somatosensorisches Feedback über seine Position im Raum und kann eine aufrechte Position einnehmen. Auch hier soll sich der Patient abwechselnd anlehnen und frei stehen. Ziel ist ein aufrechtes Alignment während des freien Stehens.
- Das Üben einer symmetrischen Gewichtsverteilung erfolgt idealerweise mittels Kraftmessplatten.

Wiedererlernen der reaktiven Balancekontrolle

Das Trainieren der reaktiven Balancekontrolle beinhaltet, dass der Patient externen Störeinflüssen ausgesetzt wird. Diese sollten in Richtung, Geschwindigkeit und Amplitude variieren. Externe Störeinflüsse können manuelles Ziehen oder Schieben an Hüften und Schultern oder der Einsatz einer sich bewegenden Plattform sein, auf der der Patient steht. Kleine Störungen faszinieren eher eine Balancestrategie in Ruhe, größere und schnellere Störungen hingegen eher eine Schutzschrittstrategie. Richtung, Geschwindigkeit und Amplitude der Störungen kann der Therapeut systematisch variieren, so dass der Patient sowohl Balancestrategien in Ruhe als auch Schutzschrittstrategien üben kann. Diese Übungen sollte der Patient aus Sicherheitsgründen mit einem Sicherheitsgurt oder anderen Sicherungsmaßnahmen wie Üben an der Wand oder am Gehbaren durchführen. In der Untersuchung von Marigold und Kollegen hat sich gezeigt, dass das Training der reaktiven Balancekontrolle das Timing und die Organisation der posturalen Reaktionen bei Menschen mit Schlaganfall verbessert (Marigold et al. 2005).

Training der antizipatorischen posturalen Kontrolle

Die antizipatorische posturale Kontrolle kann durch aktives Schwanken in alle Richtungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten trainiert werden. Hierbei bietet sich der Gebrauch von Kraftmessplatten an.

Ängstliche Patienten trainieren am Stehbarren oder an einer Wand. Optional können sie auch in einer Raumecke mit einem Stuhl zur Sicherung trainieren. So kann der Patient auch ohne Aufsicht des Therapeuten trainieren (z.B. als Hausübungsprogramm).

Beim Üben der antizipatorischen posturalen Kontrolle kann der Patient im Rahmen des aufgabenorientierten und alltagsrelevanten Ansatzes eine Reihe von Aufgaben ausführen, wie z.B. Heben, Greifen und Werfen. So entwickelt er dafür bessere Strategien. Je mehr Instabilität eine Aufgabe verursacht, desto höher die Anforderungen an die antizipatorische posturale Kontrolle. Das Ausmaß der antizipatorischen posturalen Aktivität steigt mit der Geschwindigkeit, der Anstrengung sowie dem Ausmaß der externen Unterstützung und der Komplexität einer Aufgabe.

Die Aufgabenvariation und der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben müssen permanent an die Fähigkeiten des Patienten angepasst werden!

Sensorische Strategien

Das Ziel beim Wiedererlernen sensorischer Strategien besteht darin, dem Patienten zu helfen, angemessene sensorische Informationen für die posturale Kontrolle auszuwählen und zu koordinieren. Die Behandlungsstrategien beinhalten im Allgemeinen, dass der Patient während zunehmend schwierigeren statischen und dynamischen Bewegungsaufträgen die Balance erhält, während der Therapeut die Verfügbarkeit und Genauigkeit eines oder mehrerer für die Orientierung benötigten Sinne variiert (Shumway-Cook u. Horak 1989, Shumway-Cook u. McCollum 1990).

Patienten, die sich verstärkt auf visuelle Wahrnehmung verlassen, sollten Balanceübungen unter vollständigem oder teilweisem Entzug visueller Reize durchführen (Augen geschlossen, Augenbinde bzw. eine den Visus vermindernde, manipulierte Brille (**Abb. 9.4**) sowie gedimmtes Licht).

Patienten, die sich verstärkt auf die Wahrnehmung des Untergrundes verlassen, sollten Aufgaben auf Untergründen ausführen, die nur verminderte somatosensorische Hinweise für die posturale Kontrolle erlauben, wie z.B. Teppich, Schaumstoff oder sich bewegende Untergründe (Kippbrett). Dies trainiert schließlich die Fähigkeit des Patienten, sich auf die vestibulären Informationen für die posturale Stabilität zu verlassen.

Übungen zum Training sensorischer Strategien:

- Der Patient steht auf einem Schaumstoffkissen und soll seinen Rumpf drehen.
- Der Entzug von visuellen und somatosensorischen Reizen kann auch kombiniert werden: Der Pati-



Abb. 9.4 Manipulierte Brille.

ent steht auf einem Schaumstoffkissen, trägt eine visusvermindernde Brille und soll von einem Hocker einen Becher aufnehmen und daraus trinken.

Kognitive Strategien zur Verbesserung der Balance

Das Üben unter Dual-Task-Bedingungen stellt eine weitere Möglichkeit des Trainings da. Hierbei wird der primären Übungsaufgaben, z.B. dem Gehen, eine weitere, zweite Aufgabe hinzugefügt. Diese zweite Aufgabe kann sowohl motorischer als auch kognitiver Art sein. Beim Gehen kann z.B. das Tragen eines gefüllten Wasserglases eine zusätzliche Aufgabe sein. Als kognitive Zusatzaufgabe kann z.B. das Rückwärtszählen oder das Memorieren von Tiernamen dienen (Rogalski et al. 2010, Plummer-D'Amato et al. 2008, Harley et al. 2006, Bowen et al. 2001, Haggard et al. 2000).

Der nächste Abschnitt fasst zusammen, welche Interventionen in der Literatur auf Wirksamkeit hin untersucht wurden und gibt so einen Überblick über die Evidenzlage zum Balancetraining nach Schlaganfall.

9.3 Evidenz

9.3.1 Reviews im Allgemeinen

Es existiert moderate Evidenz dafür, dass die Balance durch Physiotherapie im Rahmen einer Einzelbehandlung im akuten Stadium sowie Einzel- oder Gruppentherapie in der subakuten und chronischen Phase nach Schlaganfall verbessert werden kann (Lubetzky-Vilnai u. Kartin 2010). Zum Training der Balance scheinen 90 Minuten fünfmal pro

Woche überdosiert zu sein und im Vergleich mit weniger intensiven Trainingsregimen eine höhere Abbrecherquote hervorzurufen. Balancetraining zwei- bis dreimal pro Woche ist für die Verbesserung der Balance scheinbar ausreichend.

In einer Übersichtsarbeit von Peter Langhorne und Kollegen erwies sich Balancetraining auf einer sich bewegenden Plattform als effektiv (Langhorne et al. 2009). Weiterhin verbessert Balancetraining mit visuellem Feedback nach einem Schlaganfall die Standsymmetrie (SMD $-0,71$; {95%-KI $-1,03...-0,39$ }) (Barclay-Goddard et al. 2004). Es hat jedoch keinen Einfluss auf das Schwanken im beidbeinigen Stand, den Gang sowie mit dem Gehen verwandte Fähigkeiten, wie z.B. ADL (van Peppen et al. 2006). Es hat sich kein bestimmter Ansatz in der Physiotherapie gezeigt, der zum Verbessern der Balance bei Menschen mit Schlaganfall anderen Ansätzen überlegen ist (Pollock et al. 2007).

9.3.2 Balancetraining in der akuten, subakuten und postakuten Phase nach Schlaganfall

Wissenschaftliche Nachweise

In einer randomisierten kontrollierten Studie untersuchten Catherine Dean und Kollegen an 12 Teilnehmern ca. 1 Monat nach Schlaganfall, welchen Effekt ein Sitztraining auf die Sitzfähigkeit und die Sitzqualität hat und ob sich eventuelle Verbesserungen auf die Leistungsfähigkeit im Gehen auswirken (Dean et al. 2007). Die Teilnehmer der Experimentalgruppe konnten 0,17 Meter weiter (95%-KI {0,12...0,21}) und 0,5 Sekunden schneller (95%-KI {-0,8...-0,2}) greifen als die Teilnehmer der Kontrollgruppe. Außerdem wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe mit 13% des Körpergewichts (95%-KI {6...20}) mehr Kraft auf den betroffenen Fuß während der Greifübungen und 21% des Körpergewichts (95%-KI {14...28}) mehr während des Aufstehens übertragen. Diese Unterschiede waren auch 6 Monate nach dem Ende des Trainings noch vorhanden. Ein Einfluss des Sitzbalancetrainings auf den Gang konnte nicht nachgewiesen werden.

In einer Pilotstudie zum Einfluss zusätzlichen Stehtrainings in der Akutphase nach Schlaganfall verbesserten die Probanden, die zusätzliches Stehtraining erhielten, ihre Balance, gemessen mit der Berg-Balance-Skala; $P < 0,05$ (Allison u. Dennett 2007). In einer systematischen Übersichtsar-

beit (Hammer et al. 2008) zeigte sich, dass in der Akutphase nach Schlaganfall Stehen im Stehtisch bei schwer betroffenen Patienten sowie zusätzliches Üben der lateralen Gewichtsverlagerung im Stehen keinen zusätzlichen Nutzen im Vergleich zur Standardversorgung brachten. In der subakuten Phase waren vom Therapeuten überwachte Heimübungen zum Balancetraining von mittlerer Intensität der Standardversorgung von niedriger Intensität überlegen. Verglichen mit Einzeltherapie scheint Gruppentherapie zur Verbesserung der Balance ebenfalls geeignet zu sein. Dies legt eine nicht randomisierte kontrollierte Studie von Coralie English und ihrem Team dar (English et al. 2007). Die Verbesserungen der Balance in der Experimentalgruppe, im Mittel 3,9 Punkte, waren jedoch nicht statistisch signifikant.

In einer randomisierten kontrollierten Studie befanden Yavuzer und Kollegen Training mit visuellem Feedback für effektiv (Yavuzer et al. 2006). Die Probanden der Experimentalgruppe wiesen eine signifikant größere anteriore Beckenexkursion ($P = 0,039$) sowie eine größere Gewichtsverlagerung auf das betroffene Bein auf ($P = 0,030$). Eine andere Publikation zur selben Studie widerspricht jedoch diesem Ergebnis. Hier wurden keine signifikanten Veränderungen durch visuelles Feedback gefunden (Eser et al. 2008). Die Beantwortung der Frage, ob intensives Balancetraining mit geschlossenen Augen die Balance nach Schlaganfall verbessert, stand bei Alain Yelnik und Team im Fokus (Yelnik et al. 2008). Die Kontrollgruppe erhielt eine Bobath-Therapie. Beide Interventionsgruppen haben sich signifikant verbessert. Eine Überlegenheit eines der Konzepte hinsichtlich der Balance, gemessen mit der Berg-Balance-Skala nach einem Monat, hat sich nicht gezeigt.

Michal Katz-Leurer und Kollegen fanden in einer randomisierten kontrollierten Studie an stationären Patienten heraus, dass zusätzliches frühzeitiges Fahrradergometertraining bei Patienten nach Schlaganfall die Balance verbessert ($P < 0,01$) (Katz-Leurer et al. 2006). Die Ergebnisse wurden mit der Postural Assessment Scale für Menschen mit Schlaganfall (PASS) gemessen.

Empfehlungen aufgrund der Studienlage

Balance im Sitzen

Die Patienten in der Studie von Dean et al. (2007) führen Greifübungen mit dem nicht betroffenen

Arm außerhalb (140%) der Armlänge durch. Dies soll die Balance verbessern und die Belastung des betroffenen Beins sicherstellen. Besonderes Augenmerk wird gerichtet auf:

1. eine geschmeidige, koordinierte Bewegung des Rumpfes sowie des Armes, um mit der Hand an den Gegenstand zu gelangen,
2. die angemessene Belastung des betroffenen Fußes und
3. die Vermeidung maladaptiver Strategien, wie z. B. das Verbreitern der Unterstützungsfläche.

Die Greifübungen werden unter systematisch veränderten Bedingungen durchgeführt: Der Abstand und die Richtung des Greifens werden variiert, indem der zu greifende Gegenstand variabel positioniert wird (auf der kontralateralen, auf der ipsilateralen Seite sowie gerade vor dem Arm des Patienten). Die Sitzhöhe, die Bewegungsgeschwindigkeit sowie das Gewicht des Gegenstandes und das Ausmaß der Oberschenkelunterstützung durch den Sitz werden ebenfalls systematisch verändert. Das Training wird gesteigert durch Erhöhen der Wiederholungen und der Komplexität der Aufgabe. Innerhalb von 2 Wochen werden 10 halbstündige Übungseinheiten absolviert, in denen die Patienten jeweils ca. 230 bis 390 Greifbewegungen absolvierten (Dean et al. 2007).

Balance im Stehen

Laut Allison und Kollegen (2007) erfordert das Trainieren der Balance im Stehen bei Patienten in der Akutphase nach Schlaganfall aus Sicherheitsgründen Stehtische oder kippbare Liegen, oder der Patient steht an einem Tisch. Wenn der Patient ausreichend sicher stehen kann, geht er zum freien Stand über. Während des Stehens ist der Patient aktiv. Er führt Greifübungen durch oder trainiert Aufstehen bzw. Hinsetzen. Wenn nötig, werden passive Ruhepausen genommen. Der Patient übt jeden Wochentag 45 Minuten lang (Allison u. Dennett 2007).

Ergometertraining

Die Probanden in der Studie von Katz-Leurer et al. (2006) trainierten folgendermaßen: An fünf Tagen pro Woche über drei Wochen absolvierten die Patienten ein an ihre physische Kapazität angepasstes Trainingsprogramm unter physiotherapeutischer Aufsicht. Sie sollten in einer für sie bequemen Geschwindigkeit treten. Die Trainingsherzfrequenz

wurde auf weniger als 40% der altersangepassten Herzfrequenzreserve begrenzt. Die Herzfrequenz wurde mittels einer Pulsuhr mit Herzfrequenzmesser im Brustgurt gemessen. Das Training begann mit vielen kleinen an die Leistungsfähigkeiten des Patienten angepassten Belastungsperioden von 2 Minuten, denen eine Pause von 1 Minute folgte. Somit hatten die Patienten einen Trainingsumfang von bis zu 10 Minuten am ersten Tag. Am zweiten und dritten Tag sollten die Patienten 3 Belastungsperioden um 3 Minuten steigern. Am Ende der ersten Woche konnten die Patienten 30 Minuten belastet werden. In den restlichen 2 Wochen trainierten die Patienten fünfmal pro Woche für 30 Minuten.

9.3.3 Balancetraining in der chronischen Phase nach Schlaganfall

Wissenschaftliche Nachweise

Ein Balancetraining bei Menschen mit chronischem Schlaganfall kann selbst dann noch bedeutende Verbesserungen der Balance erzielen, wenn der Schlaganfall bereits länger als 10 Jahre zurückliegt (Lubetzky-Vilnai u. Kartin 2010).

Einzeltraining

Laut einer kürzlich veröffentlichten Studie (Ng 2010) korreliert der Five Times Sit To Stand Test (FSTST) höher mit der Berg-Balance-Skala (BBS), als mit dem 6-Minuten-Gehtest. Dieser Test scheint also eher die Balance der Probanden als deren physische Ausdauer/Kraft zu messen. Für das Aufstehen/Hinsetzen wird also eher Balance als Kraft oder Kraftausdauer benötigt.

Ob 15 Minuten zusätzliches Aufstehtraining aus sitzender Position bei Menschen mit chronischem Schlaganfall effektiv ist, haben Tung und Kollegen in einer randomisierten, kontrollierten Studie untersucht (Tung et al. 2010). Nach 4 Wochen Training konnten die Teilnehmer der Experimentalgruppe ihr betroffenes Bein signifikant stärker belasten und schneller aufstehen als die Probanden der Kontrollgruppe. Die Kraft der Hüftextensoren der betroffenen Seite erhöhte sich ebenfalls statistisch signifikant im Gruppenvergleich, ebenso die dynamische Standbalance.

Ein gemischtes Übungsprogramm im Rahmen einer Einzeltherapie zusätzlich zur Standardphysiotherapie wurde in einer Kohortenstudie für ef-

ektiv befunden (Olawale u. Ogunmakin 2006). Die Balance der Patienten, deren Schlaganfall im Mittel ca. 2 Jahre zurücklag, verbesserte sich gemessen mit der Berg-Balance-Skala signifikant ($P < 0,05$).

Balancetraining mit dem „Kinaesthetic Ability Trainer“ (KAT), einem visuellen Feedback-System, verbesserte in einer randomisierten kontrollierten Studie die statische ($P = 0,045$) und dynamische ($P = 0,001$) Balance, gemessen mit dem KAT und dem Fugl-Mayer Balance Score ($P = 0,001$) (Alptekin et al. 2008).

Ein Ansatz intensiver Physiotherapie im chronischen Stadium nach Schlaganfall, der in einer Kohortenstudie untersucht wurde, wies eine große Gesamteffektgröße von 0,72 auf (Fritz et al. 2007). Die Veränderungen der Balance hatten viel größere Effekte (Berg-Balance-Skala: 1,37; Dynamic-Gait-Index: 2,04) als die Veränderungen in den Bereichen Gang und Mobilität.

Gruppentraining

Ein Gruppentraining bei Menschen mit chronischem Schlaganfall mit einfachen Schreit-, Gang- sowie Mobilitätsübungen verbesserte die Verschiebungen des Körperschwerpunktes mit offenen Augen, gemessen auf einer Kraftmessplattform ($P < 0,05$) (Bayouk et al. 2006). Die 8 Teilnehmer pro Gruppe trainierten über 8 Wochen hinweg zweimal pro Woche für jeweils 1 Stunde.

Empfehlungen aufgrund der Studienlage

Balance im Sitzen

Das Aufstehtraining beschrieben Tung und Kollegen wie folgt: Trainiert wurde dreimal die Woche für 15 Minuten über vier Wochen. Trainiert wurde das Aufstehen von einem Stuhl ohne Armlehnen von zwei verschiedenen Untergründen, wobei der Oberschenkel der Probanden zur Hälfte vom Stuhl unterstützt wurde. Die Sitzhöhe wurde verstellbar, um den Kniebeugewinkel mit fortlaufendem Training zu reduzieren und somit den Anspruch zu steigern. Gesteigert wurde immer dann auf die nächsthöhere Stufe, wenn die Patienten genauso schnell aufstehen konnten wie eine Vergleichsgruppe gesunder älterer Menschen (Tung et al. 2010).

- Normaler Untergrund:
 - Knieflexion 105° , Dauer Vergleichsgruppe in $s \pm SD: 1,52 (0,27)$

- Knieflexion 90°, Dauer Vergleichsgruppe in $s \pm SD$: 1,69 (0,28)
- Knieflexion 75°, Dauer Vergleichsgruppe in $s \pm SD$: 1,89 (0,32)
- Schaumstoffuntergrund mit mittlerer Schwammhärte:
 - Knieflexion 105°, Dauer Vergleichsgruppe in $s \pm SD$: 1,95 (0,38)
 - Knieflexion 90°, Dauer Vergleichsgruppe $s \pm SD$: 2,11 (0,39)
 - Knieflexion 75°, Dauer Vergleichsgruppe in $s \pm SD$: 2,22 (0,39)

Forciertes Aufstehen/Hinsetzen ist eine der anstrengendsten Alltagsaktivitäten (Mehrholz u. Pohl 2005). Ein systematisches Monitoring der Patienten ist empfehlenswert. Eine praktikable Möglichkeit der Trainingskontrolle stellt ein Herzfrequenzmessgerät mit Brustgurt dar.

Eine weitere Übung zum Trainieren der Balance im Sitzen ist: aus sitzender Position auf einem 65 cm hohen Gymnastikball beide Arme nach vorn und hinten kreisen sowie den Rumpf nach vorn und zur Seite neigen (Bayouk et al. 2006).

Balance im Stehen

Die Patienten stehen im beidbeinigen Stand für 10 Sekunden. Steigerungen: Stehen im Tandemstand für 10 Sekunden, Stehen im Einbeinstand für 10 Sekunden (Bayouk et al. 2006).

Balance im Gehen

Die Probanden der Studie von Bayouk und Kollegen (2006) absolvierten folgende Übungen:

1. vorwärts, rückwärts und seitwärts auf eine Stufe steigen;
2. über Kisten verschiedener Höhen steigen;
3. aufstehen von einem Stuhl, 4 Schritte nach vorn gehen, mit beiden Händen einen Stuhl berühren und rückwärts zurück zum Stuhl gehen;
4. aufstehen von einem Stuhl, 4 Schritte nach vorn gehen, sich nach rechts drehen, über eine Stufe steigen, wieder nach rechts drehen und vorwärts zurück zum Stuhl gehen (danach wechselseitig durchführen);
5. Vor- und Zurückgehen im Liniengang, wobei die Ferse des einen Fußes die Zehen des anderen Fußes berührt.

Balance in verschiedenen Ausgangsstellungen

Die Probanden der Studie von Olawale und Kollegen übten statische und dynamische Balanceaufgaben. Übungen zur statischen Balance wurden sowohl im Sitzen als auch im Stehen durchgeführt. Im Sitzen mit den Füßen fest auf dem Boden absolvierten sie Greifübungen in alle Richtungen. Im Stehen wurden sie angewiesen, ihre Unterstützungsfläche systematisch zu verkleinern, bis hin zum Einbeinstand. Die dynamischen Übungen umfassten Liniengang sowie Übungen wie Zehenstände, Hüftbeugen, Hüftextension, Knieflexion während des Einbeinstandes. Außerdem wurde ein kippbares Brett verwandt, auf dem die Patienten ihren Körperschwerpunkt nach vorn und nach hinten verlagern sollten. Anfangs hatten die Patienten noch die Möglichkeit, sich an seitlichen Griffen abzustützen. Später sollten sich die Patienten jedoch an Wänden abstützen. Trainiert wurde zweimal pro Woche für je 45–60 Minuten über 8 Wochen hinweg.

In der Untersuchung von Fritz und Kollegen verfolgten die Therapeuten in einer Einzelbehandlung den Ansatz des „massed practice“, des massiven Übens. Trainiert wurde an 10 aufeinanderfolgenden Werktagen für jeweils 3 Stunden täglich. Für jeden Patienten wurde ein Trainingsplan erstellt und folgende Übungen mit aufgenommen: Gehen auf ebenem Grund mit und ohne Hilfsmittel, Aufstehen/Hinsetzen, auf einen Stuhl klettern, diverse Balanceübungen (Tandemstand, Einbeinstand), Dehnübungen sowie Kräftigungsübungen. Die Inhalte des Trainings wurden jeden Tag neu an die Patienten angepasst, somit wurde nur die Therapiezeit standardisiert. Gesteigert wurden die Übungen durch Üben auf Zeit, Erhöhen der Entfernung bzw. Höhe, in der die Übung durchzuführen war, und die Steigerung der Komplexität der Übungen. Blutdruck und Puls wurden vor und nach den Interventionen gemessen. Wenn nötig, pausiert der Patient, jedoch nicht länger als 30 Minuten innerhalb einer dreistündigen Trainingseinheit.

9.4 Methodische Strategien

Da aufgrund der Erkenntnisse der Literatur, insbesondere das Ausnutzen vielfältiger Variationen und das Üben an den Fähigkeitsgrenzen zur Verbesserung der Balance stattfinden sollen, wird im Folgenden ein Überblick über mögliche methodische

Strategien gegeben. Die Übersicht soll ein systematisches und kontrolliertes Balancetraining ermöglichen. Der Grundsatz des Koordinationstrainings besteht darin, dass der Trainierende koordinativ beanspruchende Übungen durchführt. Das bedeutet, dass neue oder ungewohnte, komplizierte oder schwierige Übungen, Variationen und Kombinationen, sowie die Informationsverarbeitung immer an die Fähigkeitsgrenzen des Patienten führen sollten.

9.4.1 Variationsformen des Übens

Das Üben und Erlernen neuer Fertigkeiten baut immer auf vorhandene Fertigkeiten des Patienten auf. Die Anforderungen an den Patienten sollten unter Berücksichtigung der vorhandenen Fertigkeiten gesteigert werden. Einzelne Bewegungsphasen oder Teilkörperbewegungen werden abgewandelt oder die gesamte Bewegungsfertigkeit wird variiert, indem sie z. B. gegengleich ausgeführt oder im Bewegungstempo, in der Bewegungsweite oder -richtung, im Kräfteinsatz oder im Setting verändert wird. Meusel (1968) zählt folgende grundsätzliche Variationsformen des Übens auf: Üben unter vereinfachten, Üben unter normalen, Üben unter veränderten und Üben unter erschwerten Bedingungen.

Die Rehabilitation von Patienten mit Einschränkungen im Bereich der posturalen Kontrolle basiert auf der Grundlage des motorischen Lernens. Dadurch wird sichergestellt, dass die erreichten Therapieziele dauerhaft umgesetzt und in sich verändernden und neuartigen Umgebungen beibehalten werden. Die Patienten müssen das erlernte Verhalten (im Falle der Balance die effektive Kontrolle des Massenmittelpunktes innerhalb des Kontextes einer zielorientierten funktionellen Handlung) mit ausreichend Dauer und Intensität durchführen, um die Plastizität des zentralen Nervensystems zu aktivieren. Die Forschung hat bisher noch keine endgültige Antwort darauf geben können, welche zeitliche Übungsdosierung eine neuronale Plastizität auslöst. Sicher ist allerdings, dass nur durch Üben eine Verbesserung der Balancefähigkeit möglich ist. Daher ist es sinnvoll, den Übungsumfang über die Therapiezeiten hinaus mit einem Hausübungsprogramm zu erhöhen.

Unter Berücksichtigung von Alltags- und Aufgabenorientiertheit der Übungen, die in einen mit den Prinzipien des motorischen Lernens übereinstimmenden Trainingsplan eingearbeitet sind, steht

somit ein wirkungsvolles Instrument zur Verbesserung der Balance zur Verfügung.

Die kritische Variable in der Funktionserholung nach Schlaganfall ist evtl. weniger die Art der Therapie, sondern eher die Frequenz und Intensität, in der sie durchgeführt wird (Liepert et al. 1998).

9.4.2 Strategien zur Variation von Übungsprogrammen

Die Anforderungen an den Patienten können unter verschiedenen Aspekten verändert werden. **Tab.9.1** gibt einen Überblick, welche Kontextvariablen beim Üben der Balancefähigkeit variiert werden können. Ein Übungsprogramm zur Verbesserung der Balancefähigkeit kann die zeitlichen Anforderungen, die Präzision, die Komplexität, die Situation, die Belastung und die Informationsaufnahme verändern.

Variation der Informationsaufnahme

Die Aufnahme und Verarbeitung von optischen, akustischen, vestibulären, taktilen und kinästhetischen Informationen sind von großer Bedeutung für die Balancefähigkeit. Das Üben der Balancefähigkeit kann durch ein visuelles Feedback, z. B. mit Spiegeln, unterstützt werden. Um eine Übung schwieriger zu gestalten, kann der Reiz entfernt werden, z. B. durch Entfernen des Spiegels. Balanceübungen können weiterhin auch mit geschlossenen Augen ausgeführt werden. Durch akustische Signale kann dem Patienten ein bestimmter Rhythmus vorgegeben werden, in dem er eine Übung ausführen soll. Vorgabe und Veränderung eines Rhythmus können auch als Variation der Bewegungspräzision und der zeitlichen Anforderung einer Übung genutzt werden.

Üben mit unterschiedlichen Zeitvorgaben

Die zeitlichen Vorgaben einer Übung können ebenfalls verändert werden. Ist der Patient in der Lage, eine bestimmte Übung auszuführen, kann der Therapeut die Ausführungsgeschwindigkeit erhöhen, um das Beherrschen der Fähigkeit weiter zu steigern. Neben der Ausführungszeit kann auch die Reaktionsgeschwindigkeit des Bewegungsbeginns erhöht werden.

Tab. 9.1 Anforderungsvariationen an das Gleichgewicht und deren Aspekte

Anforderung/Steigerung	Aspekte
Variationen der Informationsaufnahmesysteme	Optisch, akustisch, taktil, kinästhetisch, vestibulär
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reaktionsschnelligkeit (Bewegungsbeginn) ▪ Aktionsschnelligkeit (Bewegungsdurchführung) <ul style="list-style-type: none"> – Bewegungsdauer – Endgeschwindigkeit
Präzision	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ausgangsbedingungen:</i> <ul style="list-style-type: none"> – statisch/dynamisch ▪ <i>Durchführungsbedingungen:</i> <ul style="list-style-type: none"> – konstant/variabel – ohne/mit Ortsveränderung ▪ Ergebnisgenauigkeit ▪ Wiederholungsgenauigkeit ▪ Verlaufsgenauigkeit
Komplexität	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simultankoordination ▪ Sukzessivkoordination ▪ Bewegungsauswahl <ul style="list-style-type: none"> – fein-/grobmotorisch – rechts/links – mit Armen/Beinen
Situation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Situationskomplexität:</i> <ul style="list-style-type: none"> – Anzahl zu beobachtender Umweltelemente (Informationsumgebung) ▪ <i>Situationsvariabilität:</i> <ul style="list-style-type: none"> – Umgebung ist: <ul style="list-style-type: none"> ▫ statisch, gleichbleibend, ▫ statisch, aber örtlich veränderlich ▫ dynamisch, sich verändernd
Belastung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Physische Beanspruchung:</i> <ul style="list-style-type: none"> – Kraftanforderung – Ausdaueranforderung – Ermüdungsbedingungen ▪ <i>Psychische Beanspruchung</i> <ul style="list-style-type: none"> – Stress – Angst (instabile Situation)

■ Üben unter erhöhten Genauigkeitsanforderungen (Präzision)

Hinsichtlich der Erhöhung der Genauigkeit hat der Therapeut die Möglichkeit, die Zielgenauigkeit einer Übung zu erhöhen oder die Ablaufgenauigkeit der Bewegung präziser ausführen zu lassen. Ebenso kann die Wiederholungsgenauigkeit gesteigert werden. Als weitere Steigerung können die Präzisionsanforderungen auch kombiniert werden.

■ Kombinieren von Bewegungsfertigkeiten (Komplexität)

Das Kombinieren von Bewegungsfertigkeiten schult insbesondere die Koordinationsfähigkeit des Patienten. Eine Kombination von Bewegungsübungen ist nur sinnvoll, wenn der Patient die einzelnen Übungen bereits beherrscht. Eine einfache Komplexitätssteigerung besteht in der Ausführung von verschiedenen Bewegungsfertigkeiten nacheinander (sukzessive Bewegungen). Eine höhere Komplexitätssteigerung ist die gleichzeitige Ausführung verschiedener Bewegungen (simultane Bewegungen). Das Ausüben einer oder mehrerer Be-

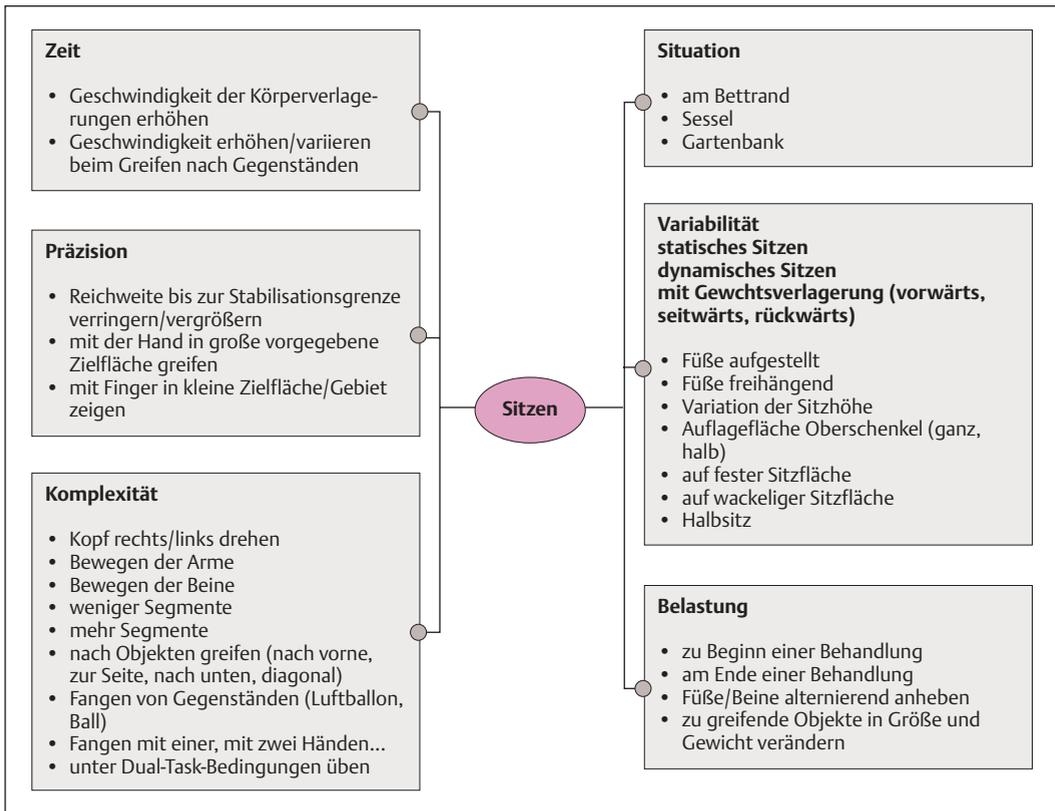


Abb. 9.5 Beispiele für Variationen, welche allein oder kombiniert beim Üben des Sitzens angewandt werden können.

wegungsübungen kann schließlich auch noch mit einer zusätzlichen kognitiven Aufgabe kombiniert werden, um die Komplexität weiter zu steigern. So kann man den Patienten z.B. während der Übung einfache Rechenaufgaben lösen oder rückwärts zählen lassen.

Veränderung der äußeren Bedingungen (Situation)

Es gibt sehr viele Möglichkeiten, die äußeren Bedingungen zu verändern und damit die Bewegungsausführung zu erschweren. So können beim Üben von Aufstehen und Hinsetzen die Höhe der Sitzgelegenheit verändert oder die Art der Sitzgelegenheit variiert werden. Die Unterstützungsflächen beim Balancieren können verkleinert oder verändert werden. Auch die Wahl unterschiedlicher Geländeformen beim Gehen sind Variationsmöglichkeiten des äußeren Settings. Es ist ein Unterschied, ob der Patient das Gehen im Therapiezimmer, im

Flur oder draußen auf der Straße oder im Park übt. Sinnvoll ist es, bestimmte Übungen in einem alltagsnahen Setting mit verschiedenen Alltagsgegenständen durchzuführen. So können Greifübungen mit Tassen, Gläsern, Brillenetuis, Büchern etc. ausgeführt werden.

Üben nach Vorbelastung

Diese Anforderung stellt bereits einen sehr hohen Schwierigkeitsgrad dar. Der Patient sollte deshalb die für diese Methode verwendete Körperübung sehr gut beherrschen, weil sonst die Gefahr einer fehlerhaften Ausführung im ermüdeten Zustand sehr groß ist. Im Alltag kommen solche Situationen, in denen der Patient unter Stress oder unter Vorbelastung steht, jedoch auch vor. Daher ist es sinnvoll, auch solche Situationen zu üben. Patienten mit Balancedefiziten haben oft Angst, zu stürzen oder fürchten sich besonders vor Situationen der Instabilität. Es ist daher sinnvoll, die Patienten auch

solche Grenzsituationen üben zu lassen. Hierbei ist besonders der Sicherheitsaspekt zu beachten: Der Patient soll niemals stürzen, weswegen immer entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen.

Die hier aufgeführten Variationsmöglichkeiten (**Abb. 9.5**) können auch in unterschiedlichster Weise miteinander kombiniert werden. So können beispielsweise gleichzeitig die Bewegungsausführungen variiert und die äußeren Bedingungen erschwert werden. Genauso kann der koordinative Schwierigkeitsgrad bei Präzisionsleistungen mit einer Tempoerhöhung der Bewegungsausführung kombiniert werden. Dies sind nur zwei Beispiele nahezu unendlicher Kombinationsmöglichkeiten beim Üben der Sitzbalance.

9.4.3 Sicherheit – die wichtigste Maßnahme

Während der Untersuchung sowie des Trainings der posturalen Kontrolle werden die Patienten gebeten, eine Reihe von Aufgaben auszuführen, die Instabilität erzeugen können. Sicherheit ist dabei von höchster Bedeutung! Alle Patienten sollten während der Balancetests, wie z.B. dem Auslösen eines Schutzschrittes, oder während der Therapie, die eine Situation an der Grenze der Instabilität beinhalten kann, einen Sicherheitsgurt tragen. Der Therapeut sollte zu jeder Zeit in der Lage sein, den Patienten adäquat zu sichern und somit einen Sturz zu verhindern (**Abb. 9.6**).

9.4.4 Unterschied zwischen Üben und Lernen

Wenn das Lernen der Neuerwerb von Tätigkeiten, Wissen, Können, Einstellungen und Gewohnheiten ist, bedeutet Üben die Verfestigung alldessen. Im motorischen Fertigkeitensbereich sind Lernen und Üben zwar eng miteinander verbunden, aber nicht identisch. Ein Gleichgewichtstraining, in dem beständig Lernprozesse ablaufen, würde den Patienten überfordern, ein beständiges gleichförmiges Üben ihn langweilen. Die Ausgewogenheit von Bewegungslernen und Bewegungshandeln macht die abwechslungsreiche Therapiesitzung aus.

Eine in der Physiotherapie oft verwandte Technik ist die assistive Durchführung einer Aufgabe. Das heißt, der Physiotherapeut führt den Lernenden physisch durch die zu lernende Aufgabe. Die Forschung hat wiederholt die Effizienz dieses Lernansatzes im Gegensatz zu anderen Formen des Lernens, wie z.B. Versuch und Irrtum („trial and error“), gezeigt. In einer Untersuchung (Schmidt u. Lee 2005) wurden verschiedene Formen der physischen Führung durch eine Aufgabe am Beispiel einer komplexen Ellenbogenbewegung angewandt. Wenn die Leistung der Probanden in einem Transferfertest gemessen wurde, war die physische Führung nicht effektiver als einfaches, ungeführtes Üben dieser Bewegung. In anderen Experimenten (Singer 1980) wurde ungeführtes Üben für weniger effektiv im Hinblick auf das Aneignen einer Tätigkeit, aber für effektiv im Hinblick auf spätere Abrufbarkeit und Transfer befunden. Dies verhält sich ähnlich zu den gerade erwähnten Ergebnissen, die zeigten, dass Bedingungen, welche die Aneignung einer Fähigkeit erschweren, die Leistung in Transferfests erhöhen.



Abb. 9.6 a–b Sicherungsgurt der es dem Therapeuten ermöglicht, einen Sturz zu verhindern.



Abb. 13.2 Gangtrainer GT1 (Hesse et al. 1999). Mit freundlicher Genehmigung von Reha-Stim, Dr. B. Brandl-Hesse, Berlin



Abb. 13.4 G-EO-System Robot. Mit freundlicher Genehmigung von Reha Technologies 2010 G-EO Systems



Abb. 13.5 LokoHelp-Modell „Pedago“. Mit freundlicher Genehmigung von www.lokohelp.net



Abb. 13.3 Haptic Walker (Schmidt et al. 2005). Mit freundlicher Genehmigung von Fraunhofer IPK/Norbert Michalke



Abb. 13.6 Lokomat (Colombo et al. 2000). Mit freundlicher Genehmigung von Hocoma, Schweiz

Bisher wurden nur wenige Studien unternommen, um Ansätze zur Wiederherstellung der Gehfähigkeit bei schwer betroffenen und im Alltag völlig unselbstständigen Patienten zu untersuchen. Viele

Studien konzentrierten sich in der Vergangenheit auf Verbesserungen der Gehleistungen von Patienten, welche ohnehin ein bereits gutes Gehvermögen besaßen. Insbesondere trifft dies auf die Durch-



Abb. 13.7 Anklebot (MIT 2005). Mit freundlicher Genehmigung von Courtesy Massachusetts Institute of Technology



Abb. 13.8 LOPES (Veneman et al. 2005). Mit freundlicher Genehmigung von University of Twente, Enschede, Netherlands, Dr. Herman van der Kooy

führbarkeit und Anwendbarkeit teilautomatisierter Verfahren in der Gangrehabilitation zu.

Um die Effektivität teilautomatisierter Gangtherapie nach Schlaganfall hinsichtlich der Verbesse-

rung von Geleistung und Alltagskompetenz zu untersuchen, wurde weltweit eine der größten Studien, die Deutsche Gangtrainerstudie (DEGAS), in vier Zentren Deutschlands durchgeführt.

Die DEGAS zeigte, dass 20 Minuten Lokomotionstherapie auf dem Gangtrainer und 25 Minuten Physiotherapie 4 Wochen lang jeden Werktag zu einer besseren Gehfähigkeit und Alltagskompetenz akut hemiparetischer Patienten führten, als Physiotherapie ohne Gangtrainer (Pohl et al. 2007). 6 Monate später war der Effekt der überlegenen Gehfähigkeit aber nicht der Alltagskompetenz anhaltend. Die wahrscheinlichste Erklärung dafür war nach den Autoren die höhere Zahl an geübten Schritten (Hesse et al. 2003).

Die Kombination aus repetitivem Gehtraining und Physiotherapie schien laut DEGAS somit der alleinigen Physiotherapie in der Gangrehabilitation von Patienten nach Schlaganfall kurz- bzw. mittelfristig jedoch nicht längerfristig überlegen. Die Anwendung der elektromechanisch assistierten Gangtherapie war in allen Zentren gut implementierbar, Risiken und Nebenwirkungen waren zwischen den Gruppen vergleichbar und überschaubar.

Obwohl es auch Argumente gegen einen technikorientierten Ansatz in der Rehabilitation von Patienten nach Schlaganfall gibt (Richards et al. 2004), scheint auf der Basis der DEGAS der Einsatz der elektromechanisch assistierten Rehabilitation ein vielversprechender Weg in der Gangrehabilitation nach Schlaganfall zu sein.

Eine kürzliche Kosten-Nutzen-Analyse des Autors wies auf ein Einsparpotenzial von ca. 27 Millionen Euro im Jahr hin, unter der Voraussetzung, dass sich 1% aller neuen Schlaganfallpatienten in Deutschland pro Jahr für das kombinierte Training eignen, und dass die entsprechenden Geräte angeschafft sind (Mehrholtz 2006).

13.2.1 Wissenschaftliche Belege, Cochrane-Evidenz zum elektromechanisch assistierten Training der unteren Extremität

Einerseits werden beachtliche Technologien zum Wiedererlangen der Gehfähigkeit entwickelt. Andererseits mangelt es an der systematischen wissenschaftlichen Evaluation zum Nutzen dieser elektromechanischen und teilautomatisierten Gangrehabilitation, welche den hohen Kostenauf-

wand dieser Technologien rechtfertigen würde (Mehrholz et al. 2010).

Für den Nachweis der Effektivität im Sinne einer evidenzbasierten Medizin besteht Konsens, dass es erforderlich ist, sämtliche verfügbaren Daten unter Einbezug publizierter und nicht publizierter Studien mit klinischer als auch methodischer Fachexpertise zu bewerten (Mehrholz 2009).

Folglich werden hohen wissenschaftlichen Ansprüchen genügende, systematische Reviews zur Thematik der automatisierten Gangrehabilitation benötigt. Ziel war es daher, die Effektivität und Akzeptanz elektromechanisch assistierten Gangtrainings zur Verbesserung der Geheleistung von Patienten nach Schlaganfall auf höchstem wissenschaftlichem Evidenzniveau in einer systematischen Übersichtsarbeit mit Metaanalyse zu evaluieren. Als Basis für ein systematisches Cochrane-Review zur Evaluation der Effektivität wurde ein Studienprotokoll erstellt, welches die wissenschaftlich methodische Vorgehensweise verbindlich festlegte. Die Entwicklung dieses wissenschaftlichen Protokolls wurde von der international aufgestellten Cochrane Stroke Group betreut, begutachtet und in der Cochrane Library publiziert (Mehrholz et al. 2006).

Gesucht wurde nach allen randomisierten und kontrollierten Studien. Eingeschlossen wurden Patienten nach Schlaganfall, die älter als 18 Jahre waren. Schlaganfall wurde nach WHO-Definition definiert (WHO 2006) oder klinisch definiert, wenn die WHO-Definition nicht speziell angegeben war.

Eingeschlossen wurden alle Studien, welche elektromechanisch assistiertes Gangtraining zur Verbesserung des Gehens untersuchten. Elektromechanisch assistiertes Gangtraining war definiert als jede mechanische oder computerisierte Technologie, die das Gehtraining von Patienten nach Schlaganfall assistiert (z.B. Abnahme des Körpergewichts, Setzen der Füße, Gewichtsverlagerung). Dies beinhaltet auch neu entwickelte Robotertechnologien (Colombo et al. 2000, MIT 2005, Schmidt et al. 2003, Veneman et al. 2005).

Nicht eingeschlossen wurden dagegen Studien zu Geräten, die lediglich passiv bewegen, wie z.B. Liege-Ergometer oder Bewegungsschienen (Nuyens et al. 2002).

Da zur Effektivität von Laufbandtraining bereits ein Cochrane Review besteht (Moseley et al. 2005), wurden Studien zu dieser Thematik nicht eingeschlossen.

Die primär abhängige Variable war das selbstständige Gehen. Selbstständige Gehfähigkeit wurde anhand der im vorherigen Kapitel beschriebenen

Functional Ambulation Categories 4 bis 5 definiert (Holden et al. 1986, Holden et al. 1984).

Literatursuche und Suchstrategie wurden in enger Zusammenarbeit mit der Cochrane Stroke Group abgestimmt und nach aktuellen Kriterien der Cochrane-Collaboration durchgeführt (Higgins u. Green 2008).

Effektivität elektromechanisch assistierten Gehtrainings

17 randomisierte und kontrollierte Studien mit einer Gesamtzahl von 837 Patienten wurden in die Analyse einbezogen. Elektromechanisches Gehtraining erhöhte signifikant die Wahrscheinlichkeit, Gehfähigkeit zu erreichen (Odds Ratio [OR] = 2,21; 95%-Konfidenzintervall [KI]: 1,52...3,22; $p < 0,001$). Dies entspricht einer Number Needed to Treat (NNT) von 7 (95%-KI: 4... 21).

Das bedeutet, dass jede siebte Gehbehinderung vermeidbar wäre, wenn die elektromechanisch assistierte Gangrehabilitation konsequent genutzt würde.

Effektiver in der Akutphase oder in der chronischen Phase nach Schlaganfall?

Es wurden 10 Studien in der Akut- bzw. subakuten Phase und 7 Studien in der chronischen Phase nach Schlaganfall durchgeführt.

Elektromechanisches Gehtraining in der Subakutphase erhöhte signifikant die Wahrscheinlichkeit, Gehfähigkeit zu erreichen (OR = 2,56; 95%-KI: 1,67...3,94; $p < 0,001$), elektromechanisches Gehtraining in der chronischen Phase nach Schlaganfall dagegen nicht (OR = 0,63; 95%-KI: 0,20...2,10; $p = 0,44$). Der Test für Subgruppenunterschiede fiel signifikant zugunsten der Subakutphase aus (Chi-Quadrat = 4,93; $p = 0,03$).

Die Ergebnisse zeigen, dass elektromechanisches Gehtraining in Kombination mit Physiotherapie im Vergleich zu alleiniger Physiotherapie die Gehfähigkeit von Patienten vor allem in der Akutphase bzw. subakuten Phase nach Schlaganfall verbessert. Elektromechanisches Gehtraining sollte somit frühzeitig nach Schlaganfall angewendet werden.

Effektiver bei gehfähigen Patienten oder noch nicht gehfähigen Patienten nach Schlaganfall?

Es wurden 11 Studien bei vor allem nicht gehfähigen und 6 Studien bei bereits gehfähigen Patienten nach Schlaganfall durchgeführt.

Elektromechanisches Gehtraining von nicht gehfähigen Patienten erhöhte signifikant die Wahrscheinlichkeit, Gehfähigkeit zu erreichen (Risikodifferenz = 0,10; 95%-KI: 0,04...0,15; $p < 0,001$), elektromechanisches Gehtraining von bereits gehfähigen Patienten dagegen nicht (Risikodifferenz = 0,00; 95%-KI: -0,04...0,03; $p = 0,92$; Test für Subgruppenunterschiede signifikant bei Chi-Quadrat = 9,14; $p = 0,003$).

Die Ergebnisse zeigen, dass elektromechanisches Gehtraining in Kombination mit Physiotherapie im Vergleich zu alleiniger Physiotherapie vor allem die Gehfähigkeit von schwerer betroffenen noch nicht gehfähigen Patienten nach Schlaganfall verbessert. Elektromechanisches Gehtraining bei bereits gehfähigen Patienten sollte somit überdacht werden.

Welches Gerät oder welches Geräte-Prinzip sollte genutzt werden?

Endeffektor-Geräte erhöhten signifikant die Wahrscheinlichkeit, Gehfähigkeit zu erreichen (Risikodifferenz = 0,08; 95%-KI: 0,01...0,14; $p = 0,02$).

Exoskelett-Geräte dagegen nicht (Risikodifferenz = 0,01; 95%-KI: -0,02...0,05; $p = 0,41$).

Im Test für Subgruppenunterschiede ergab sich ein klinisch bedeutsamer und signifikanter Vorteil zugunsten der Endeffektor-Geräte (OR = 2,37, $p < 0,001$ (Mehrholz u. Pohl 2010)).

Die Ergebnisse zeigen, dass elektromechanisches Gehtraining in Kombination mit Physiotherapie im Vergleich zu alleiniger Physiotherapie die Gehfähigkeit von Patienten nach Schlaganfall verbessert. Der Gerätetyp spielt demnach wahrscheinlich eine wesentliche Rolle beim elektromechanischen Gehtraining (Mehrholz u. Pohl 2010).

Einschränkungen der Studien

Allerdings sind diese Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren, da sich die eingeschlossenen Studien u.a. hinsichtlich der Therapiedauer und -häufigkeit unterscheiden. So lag der Behandlungszeitraum der Gruppe mit elektromechanisch assistiertem Gehtraining zwischen 2 (Werner et al. 2002) und 9 Wochen (Schwartz et al. 2006). Die Therapiehäufigkeit reichte von dreimal (Schwartz et al. 2006) bis fünfmal wöchentlich in allen anderen Studien.

Die Therapieintensität (hier Dauer der Therapie) reichte von 20 Minuten am Tag (Peurala et al. 2005, Pohl et al. 2007, Tong et al. 2006) bis 45 Minuten am Tag (Schwartz et al. 2006).

In keiner der eingeschlossenen Studien unterschied sich die Behandlungsdauer zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe.

Nur wenige Studien nutzten eine Nachuntersuchung nach Studienende (Dias et al. 2006, Peurala et al. 2005, Pohl et al. 2007, Schwartz et al. 2006, Tong et al. 2006).

Die methodische Qualität der Studien wurde anhand der PEDro-Skala (Maher et al. 2003) evaluiert und war größtenteils moderat bis sehr gut.

Fazit

Unser systematischer Review zeigt (Stand Mitte 2010), dass elektromechanisch assistiertes Gehtraining in Kombination mit Physiotherapie während der stationären Rehabilitation die Chance auf selbstständige Gehfähigkeit nach Schlaganfall signifikant erhöht (Mehrholz u. Pohl 2011, Mehrholz et al. 2010).

Die Ergebnisse können so interpretiert werden, dass eine von sieben patientenseitigen Gehbehinderungen nach Schlaganfall vermeidbar wäre.

Es existiert nach wie vor ein hoher Bedarf an methodisch guten und groß angelegten Multizenterstudien, um Effekte und auch Nebenwirkungen dieser modernen Technologie in der Rehabilitation, vor allem von nicht gehfähigen Patienten, nach Schlaganfall zu evaluieren.

13.3 Elektromechanisch assistiertes Armtraining

Gerätetypen für die obere Extremität

In den vergangenen Jahren wurden auch eine Reihe elektromechanische Geräte für die Therapie der oberen Extremität zur Verbesserung der Armfunktion nach Schlaganfall entwickelt und in Studien beschrieben. Es existiert mittlerweile eine Reihe von Studien, so dass man schnell den Überblick verlieren kann. Vor allem das Design der Geräte, das Studiendesign und die Ergebnisdarstellung der Autoren variieren enorm. Wir haben zum besseren Verständnis eine Übersichtsarbeit angefertigt und werden diese etwa alle 2 Jahre aktualisieren. Ziel dieser Übersichtsarbeit war

- die Darstellung der zurzeit wissenschaftlich untersuchten Gerätetechnologien und
- die exakte sowie nachvollziehbare Darstellung der zu erwartenden Effekte der Therapie (Mehrholz et al. 2008).

Für elektromechanische Geräte, die für die Therapie der oberen Extremität nach Schlaganfall geeignet sind, unterscheiden wir zwei verschiedene Modalitäten:

1. bilaterales vs. unilaterales Training,
2. distaler vs. proximaler Ansatz.

Diese können auch miteinander kombiniert werden, so dass sich eine Reihe an Therapiemöglichkeiten ergibt.

Außerdem sollten die Modi passiv, passiv-assistierend, aktiv und aktiv mit Widerstand übert unterschieden werden. Nicht alle Geräte bieten alle Modi an. Einige Geräte bieten nur eine passive Stimulation an, weshalb man sich bei diesen Geräten fragen muss, inwiefern sie dem Begriff „Training“ bzw. „Üben“ überhaupt gerecht werden, schließlich impliziert der Begriff „Training“ Wiederholung, Planung, Struktur und Steigerung. Eine reine passive Stimulation ist daher eher nicht dem Trainingsbegriff zuzuordnen, eine Tatsache, die in der Rehabilitationsliteratur oft nicht beachtet wird.

Die meisten der bisher präsentierten Geräte bieten passive Bewegungen des betroffenen Arms an. Andere Modalitäten beinhalten assistierendes Bewegen oder Bewegungen gegen Widerstand, um das Training zu steigern. Manche Geräte assistieren Bewegungen in einzelnen Gelenken (Hesse et al. 2003b), während andere Geräte mehrere Segmente auf einmal assistieren, wie z.B. dem Greifen ähnliche Bewegungen (Burgar et al. 2000).

Steigerungen sind u.a. möglich, indem die Assistenz verringert oder das Bewegungsausmaß vergrößert wird. Manche Geräte wie der Bi-Manu-Track und der MIME (Mirror Image Motion Enabler) nutzen einen bimanuellen Trainingsansatz, das Gerät bewegt (simuliert spiegelbildlich) die betroffene obere Extremität passiv den Arm, gesteuert durch die nicht paretische Seite. Die meisten Geräte haben mehr als eine Übungsmodalität (Mehrholtz et al. 2008).

Erste Studien zeigten Vorteile des elektromechanischen Assistierens im Vergleich zu konventionellen Therapien, was auf eine Steigerung der Anzahl an Wiederholungen, auf eine gesteigerte Motivation und zunehmende Gelegenheit zum Üben zurückgeführt wurde (Prange et al. 2006). Elektromechanisch assistiertes Üben zur Verbesserung der Armfunktion nach Schlaganfall erlaubt somit ein „massed practice therapy“-Paradigma (Renner u. Hummelsheim 2008), welches als ein intensives, häufiges, repetitives und nach Prinzipien des mo-

torischen Lernens ausgerichtetes Üben beinhaltet (Mehrholtz et al. 2008).

Abb. 13.9–Abb. 13.13 zeigen einige Beispiele für elektromechanisch assistiertes und roboterassistiertes Üben der oberen Extremität.

Auch die Kombination verschiedener Geräte in einem sogenannten Armstudio (Buschfort et al. 2010) wird zunehmend eingesetzt. Von der Idee her einem Kreistraining entsprechend absolvieren die Patienten mehrere Stationen nacheinan-

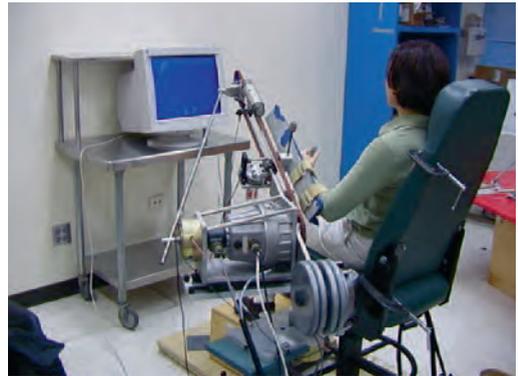


Abb. 13.9 Assisted Rehabilitation and Measurement (ARM-Guide) (Reinkensmeyer et al. 2000). Mit freundlicher Genehmigung von Reinkensmeyer DJ, Kahn LE, Averbuch M, McKenna-Cole AN, Schmit BD, Rymer WZ. Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury: Progress with the ARM Guide. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2000; 37 (6): 653–662



Abb. 13.10 Neuro-Rehabilitation-Robot, NeReBot (Masiero et al. 2007). Mit freundlicher Genehmigung von University of Padua, Padua, Italien



Abb. 13.11 Bi-Manu-Track (Hesse et al. 2003a). Mit freundlicher Genehmigung von Reha-Stim, Dr. B. Brandl-Hesse, Berlin



Abb. 13.12 Robot-mediated therapy system, GENTLE/S (Coote u. Stokes 2003). Mit freundlicher Genehmigung von GENTLE/S system at University of Ljubljana, 2001

der und üben an verschiedenen Geräten, um ihre Armfunktion zu verbessern. Dieser Ansatz ähnelt dem eingangs dargestellten Zandertraining. Erste ermutigende Ergebnisse und sehr gute Praxiserfahrungen zum Armstudio liegen nun vor, z.B. in der Klinik Bavaria, Kreischa. Eine Bewertung der wissenschaftlichen Evidenz wird derzeit vorgenommen (English u. Hillier 2010).



Abb. 13.13 Arm robot, „ARMin“ (Riener et al. 2005). Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Robert Riener SMS-Lab ETH Zürich

13.3.2 Wissenschaftliche Belege, Cochrane-Evidenz zum elektromechanisch assistierten Training der oberen Extremität

Wie im vorangegangenen Abschnitt besprochen, wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe von Roboter- und elektromechanischer Apparatetechnologien entwickelt. Allerdings, im Gegensatz zu der bemerkenswerten Publikationsdichte zu diesen Technologien (Jaeger 2006), mangelt es noch an wissenschaftlichen Ergebnissen zur Effektivität der elektromechanisch assistierten Armrehabilitation.

Ziel unserer Arbeitsgruppe war es daher, in einem systematischen Cochrane-Review die Effektivität der elektromechanisch- und roboterassistierten Armrehabilitation zur Verbesserung von Alltagsfunktionen und der Motorik der oberen Extremität von Patienten nach Schlaganfall zu evaluieren (Mehrholz et al. 2008).

Wir suchten dazu in Zusammenarbeit mit der Cochrane Stroke Group (CSG) systematisch im CSG-Trials-Register, in CENTRAL, in MEDLINE, EMBASE, CINAHL, AMED, SPORTDiscus, PEDro, COMPENDEX und INSPEC nach randomisierten und kontrollierten Studien, welche die elektromechanisch assistierte oder teilautomatisierte Gangrehabilitation zur Verbesserung der Gehfähigkeit bei Patienten nach Schlaganfall evaluierten.

Zusätzlich wurde eine Handsuche potenzieller Kongressbeiträge und Referenzlisten durchgeführt. Zur Auswertung wurden die Ergebnisse aller Studien

in einer Metaanalyse zusammengefasst. Primärer Zielparameter der Metaanalyse war die Verbesserung von Alltagsfunktionen. Sekundäre Zielparameter die Verbesserung von Motorik und Kraft.

Es wurden 11 randomisierte und kontrollierte Studien mit einer Gesamtzahl von 328 Patienten in die Analyse einbezogen (Mehrholz et al. 2008). Einerseits verbesserten sich Alltagsfunktionen durch elektromechanisch assistiertes Armtraining nicht (standardisierte mittlere Differenz [SMD] = 0,29; 95%-KI: -0,47...1,06; $p = 0,45$), andererseits verbesserten sich Armmotorik und Armkraft (SMD = 0,68 (95%-KI: 0,24...1,11; $p = 0,002$ bzw. SMD = 1,03 (0,29...1,78); $p = 0,007$). Die Therapie vertrugen die Patienten insgesamt gut (kein erhöhtes Therapieabbruchrisiko), Nebenwirkungen waren selten (Mehrholz et al. 2008).

Die Ergebnisse zeigten, dass elektromechanisches Armtraining in Kombination mit Physiotherapie im Vergleich zu alleiniger Physiotherapie die Armmotorik, aber nicht die Alltagskompetenz von Patienten nach Schlaganfall verbessert. Allerdings sind diese Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren, da die eingeschlossenen Studien sich hinsichtlich Auswahlkriterien, Dauer und Häufigkeit der Behandlung und zusätzlicher Therapien stark unterschieden (Mehrholz et al. 2008).

Demnächst werden wir eine aktuellere Darstellung auf der Basis der Literatur bis Ende 2011 vornehmen.

13.4 Lernfragen

1. Was ist elektromechanisch assistiertes und roboterassistiertes Training?
2. Welche Vor- und Nachteile besitzt elektromechanisch assistiertes Training?
3. Welche Beispiele für die untere Extremität können genannt werden?
4. Welche Beispiele für die obere Extremität können genannt werden?
5. Was ist die derzeitige Evidenz für die untere Extremität?
6. Was ist die derzeitige Evidenz für die obere Extremität?

7. Welche Parameter verbessern sich durch elektromechanisch assistiertes und roboterassistiertes Gehtraining am ehesten?
8. Welche Parameter verbessern sich durch elektromechanisch assistiertes und roboterassistiertes Armtraining am ehesten?
9. Welche Patienten profitieren am meisten?
10. Wie ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis elektromechanisch assistierten und roboterassistierten Trainings einzuschätzen?

Literatur

- Burgar CG, Lum PS, Shor PC, Machiel Van der Loos HF. Development of robots for rehabilitation therapy: the Palo Alto VA/Stanford experience. *J Rehabil Res Dev.* 2000; 37: 663–73.
- Buschfort R, Brocke J, Hess A, Werner C, Waldner A, Hesse S. Arm studio to intensify the upper limb rehabilitation after stroke: concept, acceptance, utilization and preliminary clinical results. *J Rehabil Med.* 2010; 42: 310–4.
- Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev.* 2000; 37: 693–700.
- Coote S, Stokes EK. A Gentle Robot – attitudes to the first European prototype of a robot mediated therapy system. *Proceedings World Congress of Physical Therapy, Barcelona, 2003.*
- Dias D, Laíns J, Pereira A, Nunes R, Caldas J, Amaral C, et al. Partial body weight support in chronic hemiplegics: a randomized control trial. 6th Mediterranean Congress PRM 06, Vilamoura, 2006.
- English C, Hillier SL. Circuit class therapy for improving mobility after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010; 7: CD007513.
- Fisher S. Use of Autoambulator for Mobility Improvement in Patients With Central Nervous System (CNS) Injury or Disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2008; 22: 556.
- Foerster O. Die Therapie der Motilitätsstörungen bei den Erkrankungen des Zentralnervensystems. In: Vogt H (ed.). *Handbuch der Therapie der Nervenkrankheiten.* Vol 2. Jena: Gustav Fischer, 1916: 860–944.
- Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke.* 1995; 26: 976–981.

Sachverzeichnis

A

- A-ABT/IOT, Schulung 86
- A-AFT/IOT, Schulung 86
- Action Research Arm Test (ARAT) 50, 118
- Adaption, posturale, Anforderungen 97f
- Alertness-Training 207f
- Alignment 98
 - Wiedererlernen 100f
- Alltagsbewegungen, Training 120
- Alltagstest, Testinstrumente 50
- Alter und Schlaganfall 11f
- American
 - College of Sports Medicine Physical Activity (ACSMPPM) 124
 - Heart Association, Leitlinien 124f
- Angehörige, Neglect 203f
- Anker-Text 207
- Anklebot 150
- Anosognosie 180
- Ansatz, eklektischer 4
- Anstrengungsempfinden, subjektives 126
- Aphasie 180
- Apparatchechnologie, neurologische Rehabilitation 147ff
- Äquivalent, metabolisches 127
- ARAT s. Action Research Arm Test (ARAT)
- Arm
 - Funktionserholung 12ff
 - robot (ARMin) 154
- Arm-Basis-Training (ABT) 81ff
 - Indikationen 85f
 - randomisierte kontrollierte Studien 87f
 - Schulung 86
 - selektives Üben 82ff
 - Studien 89ff
 - Stufen 82ff
 - systematisches repetitives 81
 - Wirksamkeitsprüfung 89ff
- Armbewegung, alltagsbezogene 33
- Arm-Fähigkeits-Training (AFT) 81ff, 84ff
 - Aufgaben 85
 - Indikationen 85f
 - motorische Kompetenzen 84
 - Trainingsaufgaben 84f
 - Schulung 86
 - Studien 87ff
 - Wirksamkeitsprüfung 89ff
 - Zielbewegungen, Üben 85
- Armfunktion 13
- ARM-Guide 153
- Arm-Hand-Ruhe 84
- ARMin 154
- Armmuskeln, Kraftaufbau 118
- Armparese
 - Arm-Basis-Training 86
 - Arm-Fähigkeits-Training (AFT) 84
 - Armrehabilitation 89
 - Spiegeltherapie 77f
- Armrehabilitation
 - schädigungsorientiertes Training 88f
 - Studien 89ff
 - systematisches standardisiertes Training 88f
 - Wirksamkeitsnachweise 87
 - Wirksamkeitsprüfung 89ff
- Armrehabilitationsstudien 88ff
- Armtraining, elektromechanisch assistiertes 152ff
- Assisted Rehabilitation and Measurement (ARM-Guide) 153
- Assoziationskortex, motorischer 58f
- Aufgabenspezifität 4
- Aufmerksamkeit, visuelle 33
- Aufmerksamkeitsdefizit 199
- Aufmerksamkeitsfokus 32f
 - externer 32ff
 - gedanklicher 33
 - interner 32, 34
 - Rückmeldung 34
- Aufmerksamkeitsstörung, halbseitige 195
- Aufmerksamkeitstraining, Neglect 207
- Aufstehen
 - dosiertes 126f
 - forciertes 127
 - Pusher-Symptomatik 191
- Aufstehtraining 105f
- Ausdauer 123
- Ausdauertraining 123ff
 - Herzerkrankung 123
 - Intensität 126f
 - Studien 128ff
 - Üben im Sitzen 126
- Autonomie 28, 34
- Awareness
 - auftauchende 210
 - informelle 210
 - Verbesserung 210f
 - Verhaltensregeln 202
 - vorausschauende 210
- Awarenessdefizit 201

B

- Balance
 - äußere Bedingungen, Veränderung 109
 - Beurteilung 99f
 - Definition 95
 - dynamische 97, 99, 106
 - Erhaltung 97f
 - Genauigkeitsanforderung 108
 - im Gehen 106
 - Grundlagen 96ff
 - Hausübungsprogramm 107
 - im Sitzen 104ff

- statische 97, 99, 106
 - im Stehen 104, 106
 - Balancefähigkeit
 - Brunel Balance Assessment (BBA) 96
 - Üben 107
 - Balancekontrolle, reaktive, Wiedererlernen 102
 - Balancestörung 99 ff
 - Balancetraining 95 ff
 - akute Phase 103 ff
 - Ausgangsstellungen 106
 - chronische Phase 105 f
 - Gruppentherapie 104
 - Gruppentraining 105
 - Heimübungen 104
 - Kinaesthetic Ability Trainer (KAT) 105
 - massives Üben 106
 - methodische Strategien 106 ff
 - postakute Phase 103 ff
 - Sicherheit 110
 - Studien 103 f
 - subakute Phase 103 ff
 - Üben nach Vorbelastung 109 f
 - Variationsformen 107
 - Zeitvorgaben 107
 - zufälliges versus Blocktraining 111
 - Balanceverlust 96
 - Basalganglien-Läsion 11
 - base of support (BOS) 97
 - bedside-Test, Pusher-Symptomatik 187
 - Behandlungsvertrag, Restriktion 45
 - Behavioral-Inattention-Test (BIT) 200
 - Behinderung 31
 - Belastbarkeit, kardiopulmonale 124
 - Belastungsintensität, selbst eingeschätzte (RPE) 126
 - Beta-Blocker 126
 - Bewegung 64 ff
 - mehrgelenkige, Arm-Basis-Training (ABT) 83 f
 - Spiegelung 72
 - Testinstrumente 50
 - Bewegungsausmaß, passives 164
 - Bewegungsbeobachtung 36, 55, 58, 64 f
 - Bewegungsbeobachtungstraining 64
 - Bewegungseffektivität 33
 - Bewegungseinschränkung
 - artikuläre, Neutral-Null-Methode 50
 - Prävention 169
 - Bewegungserkennung 58
 - Bewegungsfertigkeit, Kombinationen 108
 - Bewegungskomponenten, repetitives Funktions-
training 48
 - Bewegungsökonomie 34
 - Bewegungsplanung 58
 - Bewegungsqualität, repetitives Funktionstraining 51
 - Bewegungsspiegelung
 - lateralisierte kortikale Aktivierung 73
 - Wirkmechanismus 75
 - Bewegungsvorbereitung 58
 - Bewegungsvorstellung 55, 57 f, 65
 - Assessments 60
 - beteiligte Aspekte 57
 - funktionelle Bildgebung 59
 - kinästhetische 56 f, 61
 - mentales Training, Wirksamkeitsstudien 63
 - bei Patienten 62
 - psychophysiologische Aspekte 55
 - Spiegeltherapie 72
 - Studien 62
 - Trainingseinheit 66 f
 - Verlangsamung 62
 - visuelle 56 f, 61
 - Bewegungsvorstellungstraining, Rehabilitation 62 f
 - Bewegungsvorstellungsvermögen, Fragebogen 61
 - Bi-Manu-Track 153 f
 - Bobath-Konzept 3
 - Body-Neglect, Test 201
 - Bonner-Therapieprotokoll, Spiegeltherapie 77
 - Borg-Skala 126
 - Box-and-Block-Test 50
 - brain derived neurotrophic factor (BDNF) 20 ff
 - Brunel Balance Assessment (BBA) 96
 - Burke Lateropulsion Scale 186
- ## C
- Capsula interna-Läsion 11
 - Catherine Bergego Scale 200
 - center of
 - – gravity (COG) 97
 - – mass (COM) 97
 - Checkliste Essen 49
 - Chronometrie 61
 - Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) 97, 99 f
 - Cochrane Stroke Group (CSG) 154
 - constrained action hypothesis 33
 - constraint-induced movement therapy (CIMT) 43, 120, 209
 - Cochrane-Review 50
 - Neglect 209
 - neuroplastische Veränderungen 51
 - tierexperimentelle Studien 44
 - Cueing 206
 - Cues 206
- ## D
- Dehnen 169
 - Dehnlagerung 169 f
 - Dehnungsreflex, Übererregbarkeit 164 f
 - Dehnungsreflex-Messung 165
 - Dekonditionierung, Ursachen 124
 - Dendriten 20
 - Deutsche Gangtrainerstudie (DEGAS) 150
 - Drücken, aktives kontraläsionales 181
 - dual tasks 189
 - Dystonie 19
- ## E
- E/IOT, Schulung 86
 - Effekt 44
 - Eigenbewegungen 97
 - Eingebundenheit, soziale 28, 36 f
 - Einstellbewegung, eingeschränkte antizipatorische
posturale 98
 - Ellenbogenextensionskraft 118
 - Ellenbogenflexionskraft 118

Ellenbogengelenk, Beugung, verkürzte Muskelpositionen 117
 Ellenbogenkontraktur 170
 Endeffektor-Gerät 152
 Endeffektor-Prinzip 148
 Energieverbrauch 126
 Entscheidung, therapeutische 81
 Entscheidungsfindung, evidenzbasierte klinische 3
 Ergebnismeldung 29
 Ergometertraining 104f
 Erholung
 – echte physiologische 98
 – funktionelle 9
 – kompensatorische physiologische 98f
 Evidenz, ungenügende 3f
 Evidenzbasierte Medizin 3
 Evidenzbasierte Praxis (EBP) 3
 Exitoxizität, erhöhte 47
 Exoskelett-Gerät 152
 Exoskelett-Prinzip 148
 Explorationstraining, visuelles 207
 Extinktion 198f
 – Behandlung 201ff, 209f
 – crossmodale 198
 – Diagnose 201
 – motorische 199
 – sensorische 198
 – Training 210
 Extrapyramidales System, UNMS 161
 Extremität
 – obere
 – – elektromechanisch assistiertes Training 152ff
 – – progressives Widerstandstraining 119
 – – roboterassistiertes Üben 152f
 – untere
 – – aufgabenorientiertes Widerstandstraining 120
 – – elektromechanisch assistiertes Training 150ff
 Extremity Constraint Induced Therapy Evaluation (EXITE) 50
 Exzitabilitätssteigerung 58

F

Fähigkeitskonzepte 31f
 Fallen, kontrolliertes 189
 Faustschlusskraft 118
 – progressives Widerstandstraining 119
 fear of falling 179
 Feedback 29
 – Pusher-Symptomatik 188, 190
 Feedback-Kontrollmechanismus 97f
 Feedforward-Kontrollmechanismus 97f
 Fehlerrückmeldung 34
 Feinmotoriktraining
 – humanexperimentelles 18
 – tierexperimentelles 17
 Fertigkeit, motorische, Testinstrumente 50
 Fingerbewegung
 – Arm-Fähigkeits-Training 86
 – feine manuelle 84
 – Geschwindigkeit 84
 Fingertapping 61
 Fitness 123

– kardiovaskuläre 123
 – Verbesserung 128
 Fitnessstraining, Effekte 129
 Five Times Sit To Stand Test (TSTST) 105
 Flexibilität, mangelnde kognitive 199
 Forced-use-Therapie 43ff, 50f
 Fremdanamnese Räumlicher Störungen (FRS) 200
 Frenchay Arm Test 50
 Frustrationstoleranz, Restriktionsbehandlung 45
 fTMS-Mapping, Arm-Basis-Training 87
 Fugl-Meyer Motor Assessment (FMA) 118
 Functional Independence Measure (FIM) 12
 Funktionsrestitution 82
 Funktionstraining
 – bilaterales repetitives 49
 – repetitives 47ff, 51

G

GABA 21
 Gangkapazität 141
 Gangqualität, Laufbandtraining 135
 Gangrehabilitation, Sport 124
 Gangtrainer 149
 Gangzyklus, Teilautomatisierung 148
 Gebrauch erzwungener s. Forced-use-Therapie
 Gehbehinderung, Kosten 135
 Gehen
 – auf dem Boden 143
 – forciertes 127
 – Laufband 143
 – Übungsvariationen 109
 Gehfähigkeit 135f
 Gehgeschwindigkeit 119f
 Gehirn, geschädigtes, Funktionsrestitution 82
 Gehstrecke 129, 141
 10-m-Gehtest 139
 Gehtraining
 – elektromechanisch assistiertes 148, 151f
 – mit Physiotherapie 131
 – repetitives 150
 Gelenkredression, serielle 170ff, 173
 G-EO-System Robot 149
 Gesichtsfeldausfall, homonymer 199
 Gleichgewicht 108
 Gleichgewichtsfähigkeit 95
 Gleichgewichtsstörung 179
 Gleichgewichtstraining 100f
 Gleichgewichtsverlagerung 126
 Grad der Behinderung (GdB) 12
 Greiffunktion, Arm-Fähigkeits-Training 86
 Greifübungen 104
 Griffkraft 49
 Gyrus postcentralis, Pusher-Symptomatik 184

H

Halbseitenlähmung, Spiegeltherapie 71
 Haltungskontrolle, dual tasks 189
 Haltungstonus, posturale Kontrolle 97
 Hand, Funktionserholung 13
 Hand-Arm-Funktionstraining 49
 Handbewegung, Geschwindigkeit 84

Handextensivkraft 118
 Handgelenk, Nachtlagerungsschiene 170
 Handidentifizierungsaufgabe 56, 61
 Hand-in-den-Nacken-Bewegung 167
 Hand-in-den-Nacken-Griff 167
 Handmuskeln, Kraftaufbau 118
 hands-off-Üben 111
 Haptic Walker 149
 Harninkontinenz 10
 Hebb'sche Plastizität 20f
 Hemibrillen 209
 Hemineglect 195
 – Spiegeltherapie 78
 Hemiparese, armbetonte 12ff
 Hemisphärenspezialisierung, Bewegungsvorstellung 58f
 Herzerkrankung, koronare 123
 Herzfrequenz 125f
 – Energieverbrauch 126f
 – Training 129f
 – Überwachung 126
 Herzfrequenzmesser 125
 Herzkreislaufparameter 126
 Herzkreislauftraining 125
 Herz-Kreislauf-Training 124f
 Hilfsmittel
 – Immobilisierung 46
 – motorisches Lernen 35f
 Hinsetzen, Pusher-Symptomatik 191
 Hinweisreize s. Cues
 Hirnläsion 11, 168
 Hirnstamminfarkt, posturale Vertikale 183
 Hoffman-Reflex-Messung 165
 Hüftextensoren, progressives Widerstandstraining 119
 Hüftfraktur 96
 Hypokinese, direkte 197

I

Imbalance, posturale 199
 Immobilisierung, Hilfsmittel 46
 Impairment-oriented-training (IOT) 81
 Impersistenz, motorische 197
 Implementierungsmodell nach Lomas 5f
 Information
 – neurologische Rehabilitation 28
 – normative 30
 Informationsaufnahme 107
 Inhibition, rekurrente 161
 Inselregion
 – Pusher-Symptomatik 184
 – Spiegeltherapie 72
 International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) 2f
 Internet, Laufbandtraining 138, 142
 IOT
 – Multicenterstudie 90f
 – versus konventionelle Therapie 88ff
 IOT-Anwender, Schulung 86
 IOT-Verfahren, Wirksamkeitsnachweise 87ff

J

Jebsen-Taylor-Handfunktionstest 50

K

Karvonen-Formel, adaptierte 125f
 Kinaesthetic
 – Ability Trainer (KAT) 105
 – and Visual Imagery Questionnaire (VMIQ) 61
 Knie, Kontraktur, Schweregrad 167
 Knieflexoren, progressives Widerstandstraining 119
 Kniegelenk, Kontraktur-Assessment 166
 Kölner Neglect-Test 200
 Kommunikation, Neglect 202f
 Kompetenz 28f
 – selbstwahrgenommene 33f
 – therapeutische 81
 Kompetenzgefühl
 – Aufmerksamkeitsfokus 32
 – selbstkontrollierte Rückmeldung 35
 Komplexität 108f
 Komponententraining 48
 Konditionierung, aerobe 123, 125
 Kontraktur 165ff
 – Definition 165f, 168f
 – große Gelenke 168
 – klinische Evaluation 166ff
 – neurologische Rehabilitation 168
 – Schweregrad 166
 – Therapie 170ff
 Kontrolle
 – antizipatorische posturale 97ff, 102
 – motorische 27
 – posturale 95ff, 110, 182
 – – sensorische 99
 – – Störung 179
 – – Üben 107
 – – visuelles Feedback 190
 – sensomotorische 160
 Koordinationsprobleme, muskuloskelettale Störung 98
 Körperausrichtung 98
 Körperempfinden 181
 Körpergewichtsentlastung, Laufbandtraining 135f
 Körperstatik, asymmetrische 184
 Kortex
 – auditorischer 19++
 – dorsolateraler präfrontaler, Spiegeltherapie 72
 – inferiorer parietaler (IPL) 58
 – motorischer 17ff, 51, 56
 – – Arm-Basis-Training 87
 – – fokale Läsionen 19
 – prämotorischer 11, 51, 56ff
 – primär motorischer 60, 72, 74
 – sensomotorischer 18
 – somatosensibler 17ff
 – ventraler prämotorischer (PMv) 58
 – visueller 19, 55
 Kraft 123
 – grobe, mentales Training 57
 – motorische Rehabilitation 116
 – Verbesserung 120
 Kraftaufbau 118

Kraftentwicklung, Muskellänge 116f
 Kraftmessung 118
 Kraftminderung, Besonderheiten nach Schlaganfall 116ff
 Krafttraining 115ff
 – Pusher-Symptomatik 191
 – Rehabilitation 118ff
 Kraftzuwachs 120
 Kurzzeitstimulationsverfahren, Neglect 204

L

Lagerungsschiene 46
 Langzeitgedächtnisfunktion 22
 Lateralisation 11
 Lateropulsion 180, 184, 186f
 Laufbandgeschwindigkeit 142f
 Laufbandtraining 125, 135 ff, 140ff
 – Aufwärmprogramm 142
 – Cochrane-Review 137
 – Dauer 142
 – Durchführung 141ff
 – Gangqualität 135
 – Gehgeschwindigkeit 140
 – Gehqualität 141
 – Heimübungsprogramm 144
 – Herzfrequenz 129
 – mit Körpergewichtsentlastung 135 ff
 – mittlere Gehdistanz 136
 – Motivation 139
 – Steigerung 138f
 – Sturzgefahr 136
 – Tipps 138, 142ff
 – Übungsbeginn 138
 – Übungsdauer 137
 Leaning 180
 Lebensstil, Fitness 128
 Leistung, motorische 31ff
 Lerneffekte 28, 32
 Lernen
 – durch Beobachtung 36
 – Definition 28
 – fatalistische Einstellung 32
 – motorisches 27ff
 – – Aufmerksamkeitsfokus 32f
 – – Fähigkeitskonzepte 34
 – – Feedback 29
 – – Fehlerrückmeldung 34
 – – Repetitionen 27
 – – Selbstkontrollgruppe 36
 – – Spiegelneuronensystem 59
 – – unterstützende Geräte 35f
 – nachhaltiges 28
 – optimales 28
 – Passivität 34
 – selbstkontrolliertes 35
 – Trainingspartner 37
 – und Üben, Unterschied 110f
 – versus Leistung 28f
 Lernprozess 32f, 36
 Lichtstrahl, Alignment 101
 Lidcombe-Messung 169
 Limb Activation Treatment Device (LAT-D) 206
 Limb-Activation-Therapie 206f

Listing 180
 9-Loch-Steck-Test, mentaler 61
 LokoHelp-Modell „Pedago“ 149
 Lokomat 149
 long-term depression (LTD) 21
 long-term-potentiation (LTP) 21
 LOPES 150

M

Magnetstimulation, transkranielle (TMS), übungsinduzierte Plastizität 18
 Massenmittelpunkt 97
 Medizin, evidenzbasierte 3
 Messung 13
 Minussymptome, Upper Motor Neurone Syndrome (UNMS) 160
 6-Minuten-Gehtest 127
 Mirror Imaging Motion Enabler (MIME) 153
 Mirror-Box 76
 Modified Scale for Contraversive Pushing (M-SCP) 186
 Modified-Ashworth-Skala (MAS) 162ff
 – Tardieu-Skala 162
 Modulation, plastische 20
 Motivation
 – intrinsische 29
 – motorische Leistung 31f
 – Rückmeldung 29
 Motor Activity Log (MAL) 50f
 motor
 – imaging (MI) 55, 65
 – observation (MO) 55, 65
 – relearning program 190
 Motorik, Spiegeltherapie 75, 77
 motorische Einheit 115f
 Motorkortex, ipsilateraler 47
 Movement Imagery Questionnaire 61
 Musculus quadriceps femoris, progressives Widerstandstraining 119
 Musikerdystonie 19
 Muskelkontraktion 115, 119f
 Muskelkontraktionskraft 116
 Muskelkraft, Testinstrumente 50
 Muskellänge, Kraftentwicklung 116f
 Muskellängen-Erregbarkeitsverhältnis 117
 Muskelreaktion 164
 Muskelsummenaktionspotenzial 165
 Muskeltonus
 – Definition 160
 – posturale Kontrolle 97
 Muskel-Überaktivität, unwillkürliche 160

N

Nachtlagerungsschienen 169
 Nackenmuskelvibration, Neglect 204f
 Nackenstimulationsgerät, transkutanes 205
 Neglect 195ff
 – akustischer 197, 201
 – Akutphase 202
 – alltagsbezogene Therapie 211
 – assoziierte Defizite 199

- Behandlung 201 ff, 212
- Bottom-up-Strategie 202, 206
- Definition 195 f
- Diagnose 200
- diagnostische Verfahren 200
- Erklärungsmodelle 201
- Fremdanamnese 200
- gravizeptiver 180, 183
- Handling 203
- Kopf-/Rumpfdrehung 208 f
- Lagerung 203
- motorischer 197
- – Restriktionsbehandlung 51
- olfaktorischer 197
- persistierender 195
- personeller 197
- Pusher-Symptomatik 180
- repräsentationaler 198, 201
- Selbstanamnese 200
- Sicherheitsmaßnahmen 203
- somatosensibler 197
- Spiegeltherapie 71, 75, 78
- Stabilisationsphase 203
- Stimulationsverfahren 202
- Störungstheorie 201
- taktiler 197, 201
- Top-down-Methode 206
- Top-down-Strategie 202
- Transferphase 203
- Unawareness 199
- unilateraler, multimodaler 11
- Verhaltensregeln 202 ff
- visueller 196 f, 200 f
- visuelles Explorationstraining 207
- Neglect-Test (NET) 200 f
- Nerve growth Factor (NGF) 20
- Nervenstimulation, transkutane elektrische (TENS) 205, 210
- Pusher-Symptomatik 188
- neuro-developmental treatment (NDT) 3 f
- Neurogenese 20
- Neuron 21
- Neuroplastizität 17 ff
- Neurorehabilitation
 - Bewegungsbeobachtungstraining 64
 - kinästhetisches Vorstellungstraining 57
 - mentales Training 62
 - Videotraining 64
- Neuro-Rehabilitation-Robot (NeReBot) 153
- Neurotrophin 20, 22
- Neutral-Null-Methode 50
- Nichtgebrauch, erlernter 32, 43 f
 - Spiegeltherapie 75
- Nine-Hole-Peg-Test 50
- NoGo-A 22

O

- Oberflächensensibilität, Spiegeltherapie 78
- Observation-matching-System 64
- Orientierung, Definition 97
- Outcome, globales 9 f

P

- Parietallappen, Pusher-Symptomatik 184
- part practice 47
- Perseverationstendenz 199
- Phantomschmerz 19
- Physiotherapie 1 f
 - ambulante, Herz-Kreislauftraining 125
 - Angehörigenbetreuung 2
 - Ausdauertraining, Übungsintensitäten 126
- Plastizität
 - Definition 17
 - Entwicklung 20
 - externe Stimulation 18
 - durch gesteigerten sensiblen Input 17 f
 - homöostatische 20 f
 - läSIONSinduzierte 17 ff
 - Mechanismen 20
 - durch motorisches Lernen 17 f
 - negative 19 f
 - Phänomen mit negativer Konsequenz 19 f
 - und Reorganisation 19
 - strukturelle 20
 - üBungsabhängige 17
 - üBungsinduzierte 18
 - zeitlicher Ablauf 22
- Plussymptome 160 ff
- post stroke depression (PSD) 12
- postural body scheme 182
- Potentiale, evozierte motorische (MEPs) 117
- Prädiktoren 9 ff
- Praecuneus, Spiegeltherapie 72
- Praxis, evidenzbasierte (EBP) 3
- Praxisleitlinien, klinische 5
- Präzision 108
- Prismenadaption, visuomotorische 205
- pROM, maximaler, Einschränkung 166
- Protein, plastizitätsblockierendes 22
- Pulsmesser 125 f
- Pusher, schwerer 186
- Pusher-Symptomatik 179 ff
 - Abgrenzung 180
 - Assessment 184 ff
 - Definitionskriterien 180
 - Haltungsanalyse 182
 - Hirnstruktur 183 f
 - klinisches Bild 179 f
 - kontrolliertes Fallen 189
 - Körperschwerpunkt 182
 - Lokalisation 181 ff
 - motor relearning program 190
 - sensorische Stimulation 187 f
 - Therapie 187 ff
 - Therapieplan 188 ff
 - Transfertraining 189
 - Ursache 181 f
 - Widerstand 181
- Pushing 190
- Pyramidenbahnschädigung, UNMS 161

R

Ranking-Skala, modifizierte 10
 Raumgestaltung, Neglect 202f
 Redressionsbehandlung 170ff
 Rehabilitation
 – Bewegungsbeobachtungstraining 64
 – elektromechanisch assistierte 147ff
 – Krafttraining 118
 – motorische 116
 – neurologische 27, 147ff, 168
 Reiz
 – somatosensorischer 102f
 – visueller 102f
 Reorganisation, plastische 19
 Repetitionen 27
 Repräsentationsstörung 198
 Resistance to Passive Movement Scale (REPAS) 162
 Resonanzsystem, motorisches 64
 Restriktion 44ff
 Restriktionsbehandlung 44ff
 – Durchführung 46f
 – Einschränkungen 47
 – Voraussetzungen 44f
 – Zeitpunkt 47
 Retentionstest 28, 35
 Rivermead
 – Assessment of Somatosensory Performance (RASP) 96
 – Motor Assessment 13f
 Rivermead-Mobility-Index 131
 Robotertechnologie 148
 Robot-mediated therapy system 154
 Rotation, mentale und manuelle 56
 Rückmeldung 19ff, 34f
 Ruhepuls 126
 Rumpfkontrolle, Schlaganfall, Frühphase 96

S

Sarkomerlängen-Kraft-Beziehung 116f
 Scale for Contraversive Pushing (SCP) 184ff
 Schlaganfall
 – Alter 11
 – Definition 1
 – Dekonditionierung, Ursachen 124
 – erneuter 10f
 – gesundheitswissenschaftliche Ziele 123
 – Kontraktur-Prävalenz 169
 – modifizierte Ranking-Skala 10
 – Mortalität 12
 – Outcome 9f, 12, 14
 – sportliche Rehabilitation 123
 Schlaganfall-Leitlinien, multidisziplinäre 4f
 Schlaganfallmanagement, ICF 3
 Schlaganfallrehabilitation, Behandlungsleitlinien 4f
 Schmerzen, plastizitätsassoziierte 19
 Schmerzsyndrom
 – komplexes regionales (CRPS) 19, 75
 – neuropathisches 19
 Schultermuskulatur, Dehnlagerung 169
 Schulter-ROM-Messungen 167
 Schwanken, selbstinduziertes 99
 Schwerkraftempfinden, körpereigenes 182

Schwerpunkt 97
 Sehnen-Reflex-Messung 165
 Selbstkontrolle, Üben 34
 Sensomotorik, Arm-Fähigkeits-Training 86
 Seriengipsbehandlung 170ff
 Shaping 47f, 124
 Sicherungsgurt 110
 Sitz-Balance-Training 126
 Sitzen, Pusher-Symptomatik 190f
 Skisimulator 35
 Spasm-Frequency-Skala 162
 Spasm-Severity-Skala 162
 Spastik
 – Assessment 163
 – assoziierte klinische Phänomene 163
 – Definition 160
 – klinische Messmethoden 162
 – Krafttraining 121
 – Modified-Ashworth-Skala (MAS) 162
 – Neurophysiologie 161
 – neurophysiologische Messmethoden 164f
 – repetitives Funktionstraining 51
 – Tone-Assessment-Skala 162
 Spastisches Syndrom 160, 165
 Spastizität, progressives Widerstandstraining 119
 Spiegel 101
 Spiegelagnosie 77
 Spiegelataxie 77
 Spiegelneuronensystem 58ff
 Spiegeltherapie 71ff
 – Anwendungsdauer 74
 – Bewegungsauftrag 76ff
 – Bonner-Therapieprotokoll 77
 – klinische Studien 74f
 – kontralaterale Hemisphäre 72
 – Motorik 72ff
 – Neglect 209
 – Objektgebrauch 76f
 – Pusher-Symptomatik 187
 – Therapiesetting 76, 78
 Spirometrie 126
 Splinting 169f
 Sport 57f
 Sprache, Forced-use-Therapie 43
 Sprunggelenk
 – Bewegungsausmaß 169
 – Kontraktur 167, 169
 S-Reflex 165
 Stabilität, Definition 96f
 Stabilometer 36
 Standbalance, dynamische 105
 Stehtisch 169
 Stehtraining, Akutphase 103f
 Stehübung 127
 Stimulation, doppelt simultane (DSS) 198
 Stimulationstherapie, optokinetische (OKS) 204
 Strategie, sensorische 102f
 Sturz 96, 110, 136
 – Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) 99
 Supination, endgradige, repetitives Funktions-training 48
 Synapsen 20
 Synaptogenese 27

T

- task practice 47
- TENS
 - Neglect 205 f
 - Spiegeltherapie, Neglect 209
- Thalamus, Pusher-Symptomatik 184
- Therapie, schädigungsorientierte versus konventionelle 88 ff
- Therapieabbruch 46
- Theta-Burst-Stimulation 209
- Thixotropie 173
- Timed-up-and-go-Test 100, 120
- Tinnitus 19
- Tone-Assessment-Skala 162
- Tonus, Definition 160
- Tonuserhöhung, Testinstrumente 50
- Total Spasticity Score 162
- Training
 - aerobes 123 f, 126, 128
 - aufgabenorientiertes 120
 - bimanuelles 49
 - elektromechanisch assistiertes 147 ff, 150 ff
 - kardiovaskuläres 128 ff
 - mentales 55 ff, 61 ff
 - schädigungsorientiertes 81 f
- Trainingssteuerung 125 f
- Transfer, Pusher-Symptomatik 189, 191
- Transfertest 28, 35
- T-Reflex 165
- Treppensteigen 127
- Trunk Rotation 208 f

U

- Üben
 - alleiniges 36 f
 - aufgabenorientiertes 27
 - Balancetraining, Variationsformen 107
 - konstantes versus variables 111
 - und Lernen, Unterschied 110 f
 - Selbstkontrolle 34
 - zu zweit 36 f
- Überbelastung, kardiale 125
- Übungskapazität, mittlere 123
- UMNS
 - Unawareness 195, 199, 210 f
 - Behandlung 201 ff
- Unterarm, Supination, Funktionstraining 48
- Unterarmstellungen 117

- Unterstützungsfläche (BOS) 97
- Upper Motor Neurone Syndrome (UMNS) 159 ff, 164 ff
- Urininkontinenz 10

V

- Veränderbarkeitstheorie 31 f
- Vertikale, subjektive
 - – haptische (SHV) 181
 - – posturale (SPV) 181 ff
 - – visuelle (SVV) 181 ff
- Vertikalität 181
- Videotraining, Neurorehabilitation 64
- Visuelles System, posturale Kontrolle 97 ff
- Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ) 61
- Vorstellung (s. auch Bewegungsvorstellung) 55 f
 - Assessments 60
 - Exzitabilitätssteigerung 58
 - motorische 56
 - visuelle 55
- Vorstellungstraining, mentales 19
- Vorstellungsvermögen 61 f

W

- Wachstum, axonales 20 ff
- Wachstumsfaktoren, neurotrophe 20 ff
- Wahrnehmung 55
- Wesenstheorie 31 f
- Widerstand, Pusher-Syndrom 181
- Widerstandsgymnastik 124
- Widerstandstraining
 - aufgabenorientiertes 119 f
 - progressives 116, 118 f
- Wolf-Test 50

Y

- Yoking-Verfahren 34

Z

- Zander-Apparat 147
- Zeitwahrnehmungsstörung 199
- Zentralnervensystem, Balance 97
- Zirkeltraining 120