



Walter Strobl · Claudia Abel
Elisabeth Pitz · Nils Schikora *Hrsg.*

Therapeutisches Arbeiten in der Neuroorthopädie

Multiprofessionelle Teamarbeit
und transdisziplinäres
Denken

 Springer

Therapeutisches Arbeiten in der Neuroorthopädie

Walter Michael Strobl · Claudia Abel · Elisabeth Pitz · Nils Schikora
(Hrsg.)

Therapeutisches Arbeiten in der Neuroorthopädie

Multiprofessionelle Teamarbeit und transdisziplinäres Denken

Hrsg.

Walter Michael Strobl
Zentrum für Kinder- und Neuroorthopädie
MOTIO
Wien, Österreich

Claudia Abel
Feucht, Bayern, Deutschland

Nils Schikora
Augsburg, Bayern, Deutschland

Elisabeth Pitz
Veitshöchheim, Bayern, Deutschland

ISBN 978-3-662-60492-2 ISBN 978-3-662-60493-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-60493-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über ► <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Eva-Maria Kania

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Es sollen in diesem Vorwort einige Stichpunkte angerissen werden, die dem Autor – Neurologe, Neuropädiater und Rehabilitationsmediziner – besonders am Herzen liegen:

Interdisziplinarität

Schon der Name weist darauf hin, dass der Neuroorthopädie das Moment der Interdisziplinarität immanent ist. Für die, die nicht von autistischer Hybris beseelt sind, stellt das eine kontinuierliche Herausforderung dar.

Man muss also mit Neurologen/Neuropädiatern (m/w/d), auch mit Neurochirurgen, Urologen, Internisten verschiedener Schwerpunkte sowie mit Rehabilitationsmedizinern, Therapeuten und Hilfsmittel-Experten zusammenarbeiten. Dies gilt für die früh erworbenen spastischen Paresen, auch für Fehlbildungen etwa aus dem Spina-bifida-Bereich und eigentlich für alle komplexeren, auch neuroorthopädisch relevanten Problemkonstellationen. Es geht immer auch um das DAVOR: die Einschätzung der Lebensqualität, die Festlegung der Ziele und der Möglichkeiten, mit bestimmten Eingriffen auch zurecht zu kommen, und das DANACH: die therapeutisch-rehabilitative Arbeit.

Festlegung der Ziele

Medizinisches Handeln ist Ziel-orientiert. Und die Ziele sollten – im Fach der Neuroorthopädie – in Anlehnung an die ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) auch klar angegeben werden. Auf welcher Ebene soll etwas erreicht werden:

- a) Geht es um eine Beeinflussung der Struktur?
- b) Oder soll die Aktivität des Patienten verbessert werden? (Ein Beispiel: eine Korrektur der Spitzfüße bei einer beinbetonten spastischen Tetraparese führt nicht selten zu einem eher plantigraden Bild, kann aber mit einem Verlust an Schnelligkeit einhergehen; die Patienten empfinden eine Reduktion des Aktivitätsniveaus – und auch, z. B. beim Fußballspielen, der Partizipationsmöglichkeiten.)
- c) Oder wird eine Erweiterung der Partizipation angestrebt? (Natürlich schließen sich diese Ebenen nicht aus; und natürlich spielen auch perspektivische Fragen etwa der Entwicklung des muskuloskelettalen Systems oder die Behandlung von Schmerzen eine Rolle.)
- d) Dann stellt sich die Frage, ob das Ziel überhaupt erreichbar ist (siehe unten – Erwähnung der funktionellen Bildgebung als ein Beispiel).
- e) Und: wie sehen die adäquaten Mittel zur Erreichung dieses Zieles aus? (Auch in Abwägung von Belastungen und Nebenwirkungen sowie der individuellen und familiären Ressourcen. Letztgenanntes bedeutet z. B., dass auch postoperative Möglichkeiten des Trainings miteinzubeziehen sind.)

Neue Methoden, Techniken

Um einen gewissen Eindruck zu vermitteln, sollen verschiedene Möglichkeiten aufgezählt werden. Sie alle stellen eine Bereicherung dar, erfordern aber gleichzeitig fundierte Kenntnisse des Anwendungsspektrums und sind immer wieder im Kontext auch und gerade mit neuroorthopädischen Interventionen sui generis abzuwägen.

- Botulinumtoxin (für viele spastische und dyskinetische Symptome Therapie der frühen Wahl); intrathekale Applikation von Antispastika
- Tiefe Hirnstimulation und weitere neurochirurgische Optionen
- Weichteileingriffe; mitwachsende bzw. anpassbare Ersatz- und Stützungs-techniken, expandierbare Prothesen; selektive Target-Muscle-Rekonstruktionen, bis hin zum Exoskelett – und vieles mehr
- Neben diesen therapeutisch orientierten Möglichkeiten hat auch die Diagnostik viel Neues zu bieten: Erwähnt sei hier nur die genaue Analyse im Ganglabor – hoch-sophisticated Tools, die manchmal mehr Daten liefern, als in die Pragmatik überführt werden können, und weitere Video-Analysen, die einen Beitrag etwa zur OP-Planung liefern können.
- Auf eine andere Ebene sei hier abschließend hingewiesen. Die funktionelle Bildgebung (fMRT) kann ein Muster, ein Korrelat der motorischen (und nicht nur dieser) Fähigkeiten zur Darstellung bringen. Wenn also z. B. kortikal kein Gehen (mehr) verankert ist, in der funktionellen Bildgebung nicht sichtbar gemacht werden kann, wird auch ein korrigierender Eingriff im Bereich der unteren Extremität funktionell nichts Wesentliches bewirken können (der Mensch geht nicht mit den Beinen allein). Dies könnte für einzelne OP-Planungen Relevanz haben. Und: der Effekt einer Intervention kann ggf. nicht nur klinisch, sondern auch über das veränderte kortikale Muster dargestellt werden. Diese zweite Ebene wird für die Evaluation eine gewisse Bedeutung gewinnen.

Neue Vorstellungen zum motorischen Lernen, zur Neuroplastizität

In den letzten drei Dekaden wurden von Seiten der Neurowissenschaften, u.a. der funktionellen Bildgebung und Neurophysiologie, der Genetik sowie den Sport- und Therapie-Wissenschaften wesentliche Beiträge zur Organisation und Reorganisation des zentralen Nervensystems geliefert. Entsprechend müssen auch Erkenntnisse zum motorischen Lernen miteinbezogen werden: Fragen des holistischen Übens, der Repetition und der Variation des Trainings und des Übens, der Alltagsrelevanz bzw. Motivation bezüglich des zu Lernenden, der Bedeutung von Reorganisation in Abhängigkeit von stützenden Beziehungen u. a.

Auch der Ausgang vom Schädigungsmuster, also die darauf bezogene Abhängigkeit der Reorganisationsmöglichkeit, das therapeutische Fenster, sind hier mit einzubeziehen. Die Neurowissenschaften haben dazu valide Daten geliefert.

Die zeitliche, biografische Dimension und die Bedeutung der Diagnose: Es geht nicht mehr (nur) darum, einen bestimmten bildgebend dargestellten Befund zu korrigieren, sondern diesen zu antizipieren und in der perspektivischen Relevanz einzuordnen. Wir wissen heute, welchen Verlauf z. B. eine schwere spastische Tetraparese nehmen wird (diese kann entsprechend dem GMFCS – Gross Motor Function Classification System – eingeschätzt werden). Und dieses Wissen mündet schon

früh in die Beratung der Familie: Ab GMFCS IV muss z. B. mit einer Hüftluxation gerechnet werden. Entsprechende Kontrolluntersuchungen werden also durchgeführt (Prinzip der Hüftampel) und ein operatives Vorgehen wird rechtzeitig, d. h. vor der kompletten Luxation, initiiert.

Wir drängen schon lange darauf, dass auch von neuroorthopädischer Seite die Diagnose Zerebralparese (CP) konkretisiert wird. Es sollte Folgendes angegeben werden:

- klinisch funktionelles Bild: z. B. beinbetonte spastische Tetraparese
- mit dem Schweregrad: z. B. GMFCS III
- und dem bildgebenden Muster (was auf die Pathogenese und den Verursachungszeitpunkt hinweist: z. B. periventrikuläre Läsion)

Aus all diesem kann eine fundierte Einschätzung der Prognose, der Begleitkomplikationen etc. abgeleitet werden.

Ein weiteres Beispiel: bei der Muskeldystrophie Duchenne kann antizipiert werden, wann die Gehfähigkeit eingeschränkt wird, auch wann es Probleme mit der Wirbelsäule geben wird. Entsprechend ist vorausschauend zu beraten – und neuroorthopädisch sowie physiotherapeutisch Tätige und Hilfsmittelexperten/innen werden involviert.

Dies alles weist darauf hin, dass jede Generation ihr Neuroorthopädie-Werk braucht, eben um den Anforderungen und Möglichkeiten der neuen Zeit gerecht zu werden. In diesem Sinne wünsche ich dem Werk eine weite Verbreitung – und vor allem viele anregende interdisziplinäre Diskussionen.

PD Dr. Gerhard Niemann
Schömberg Tübingen

Vorwort der Herausgeber

Das vorliegende erste Lehr- und Praxisbuch zur Therapie in der Neuroorthopädie schließt eine Lücke zwischen therapeutischer, medizinischer, orthopädietechnischer und psychosozialer Literatur. Es richtet sich an alle Therapieberufe, aber auch an alle anderen Mitglieder des Behandlungsteams, wie Pflegeberufe, Mediziner, Orthopädie- und Rehabilitationstechniker sowie Mitarbeiter im pädagogischen und psychosozialen Bereich, welche die speziellen Therapiemethoden für Kinder und Erwachsene mit neuromotorischen Erkrankungen und Bewegungsbehinderungen verstehen und deren Wechselwirkungen erlernen wollen.



▣ **Abb. 00.1** Scheinbare Hürden...



▣ **Abb. 00.2** ...können nur überwunden werden...



■ **Abb. 00.3** ... durch Zusammenarbeit auf Augenhöhe

Es wird erstmals eine methodenunabhängige, ICF- und lähmungstypbezogene Darstellung therapeutischer Behandlungsverfahren und Techniken in Verbindung mit einem Überblick über die medizinischen Grundlagen wie die Wechselwirkungen des aktiven und passiven menschlichen Bewegungssystems bei Gehirn-, Rückenmarks-, Nerven- und Muskelerkrankungen und die davon abgeleiteten Grundprinzipien der Diagnostik, Bewegungsanalyse, Prävention, Behandlung und Rehabilitation geboten. In Überblicksbeiträgen eines Betroffenen sowie praktisch erfahrener und international bekannter Autorinnen und Autoren aus dem deutschen Sprachraum werden diese Prinzipien und der State of the Art der Behandlung komplexer orthopädischer Krankheitsbilder bei cerebralen und neuromuskulären Erkrankungen dargestellt. Wo immer möglich, wird auf die teilweise bereits reichlich vorhandene weiterführende Literatur verwiesen.

Menschen mit „Behinderung“ sind primär nicht krank, bedürfen jedoch meist einer Prävention und sehr häufig auch Behandlung oder Rehabilitation von Störungen ihres Bewegungssystems. Die Akzeptanz von körperlicher Unvollkommenheit sollte in der therapeutischen Betreuung eine Grundhaltung sein, die in einer Zeit des körperlichen Gesundheitsperfektionismus und Leistungsdictats allerdings nicht üblich ist.

Therapie in der Neuroorthopädie ist ein Spezialgebiet, in dem ein gemeinsames Verständnis von Wert und Qualität des Lebens mit Behinderung sowie transdisziplinäres Denken und multiprofessionelle Zusammenarbeit in einem gut funktionierenden Netzwerk Voraussetzung sind für eine menschlich und fachlich hochwertige therapeutische Arbeit. Der Erfolg der Interventionen ist entscheidend abhängig von

der Berücksichtigung der Ziele, des Potenzials und der Ressourcen des Patienten, seiner Angehörigen oder Eltern.

Ziel dieses Lehrbuches ist es, multiprofessionelle Teams zu befähigen, interdisziplinär zu arbeiten und transdisziplinär zu denken. Nur so kann eine gemeinsame fachliche Weiterentwicklung stattfinden und den Bedürfnissen der uns anvertrauten Menschen Rechnung getragen werden.

Im ersten Teil werden Grundlagen und Grunderkrankungen sowie neuroorthopädische Krankheitsbilder aus medizinischer Sicht dargestellt, im zweiten Teil werden nach einer Einleitung eines Patienten die konkreten therapeutischen Behandlungsprinzipien und -techniken, differenziert nach Lähmungstypen und Grundaktivitäten des Bewegungssystems, wie Nahrungsaufnahme, Sprache, Greifen, Stützen, Sitzen, Stehen, Gehen, Transfers und Liegen, beschrieben. Abschließend werden psychosoziale, rechtliche und organisatorische Teilhabe-Aspekte beleuchtet.

Allen Autoren des Buches danken wir sehr herzlich für ihre hochkompetenten und engagierten Beiträge. Unser Dank gilt auch dem Springer-Verlag für die erstmalige Möglichkeit, ein interdisziplinäres Lehrbuch zum Thema Therapie in der Neuroorthopädie entwickeln zu dürfen und ganz besonders für die gute Zusammenarbeit.

Wir hoffen, mit dem Lehrbuch in Ihrem Wirkungsbereich zur Verbreitung von Wissen, zur Bekanntheit und zur Sensibilisierung für die besondere Behandlung neuromotorischer Erkrankungen und damit zu Ihrer für Sie und für Ihre Patienten erfolgreichen Arbeit beitragen zu können.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit der Texte wird in Springer-Publikationen in der Regel das generische Maskulinum als geschlechtsneutrale Form verwendet.

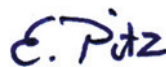
Ihre Herausgeber



Walter Michael
Strobl



Claudia Abel



Elisabeth Pitz



Nils Schikora

Inhaltsverzeichnis

1	Was ist Neuroorthopädie?	1
	<i>Walter Michael Strobl</i>	
2	Neuroanatomie und Neurophysiologie der Motorik – Wechselwirkungen des sensomotorischen Systems	9
	<i>Wolfgang Laube</i>	
3	Bewegungsentwicklung und neuropädiatrische Diagnostik	17
	<i>Bettina Behring</i>	
4	Neuroorthopädische Untersuchungstechniken und Assessment	33
	<i>Manuel Keim und Nils Schikora</i>	
5	Methoden und Praxis der Bewegungsanalyse	63
	<i>Andreas Kranzl</i>	
6	Krankheitsbilder, Deformitätenentwicklung, Prinzipien der Prävention und Behandlung	71
	<i>Walter Michael Strobl</i>	
7	Orthopädie der cerebralen Bewegungsstörungen	91
	<i>Reinold Brunner</i>	
8	Orthopädie bei spinalen Erkrankungen	103
	<i>Bettina Westhoff</i>	
9	Orthopädie bei Muskelerkrankungen	119
	<i>Andreas Forth</i>	
10	Orthopädie bei peripheren Nervenerkrankungen	131
	<i>Michael Wachowsky</i>	
11	Was ist Behinderung?	149
	<i>Gregor Steininger</i>	
12	Besonderheiten geistiger Behinderung	157
	<i>Peter Martin</i>	
13	Ausgleich von „Behinderung“	163
	<i>Elisabeth Pitz</i>	
14	Pflege bei Menschen mit schweren und mehrfachen Behinderungen	177
	<i>Hedda Lienerth</i>	

15	Neurobiologische Grundlagen des motorischen Lernens und Überblick über Therapiekonzepte	193
	<i>Wolfgang Kubik</i>	
16	Die ICF – Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit	203
	<i>Elisabeth Pitz</i>	
17	Therapie und Hilfsmittelversorgung bei Hauptproblem Nahrungsaufnahme	217
	<i>Sebastian Vitti</i>	
18	Neurogene Sprach- und Sprechstörungen im fachbereichsübergreifenden Behandlungskontext	225
	<i>Julia Erbe</i>	
19	Unterstützte Kommunikation	241
	<i>Christiane Dieckmann</i>	
20	Therapie und Hilfsmittelversorgung bei Hauptproblem Stützen und Greifen	265
	<i>Friederike Bock, Inge Foerster-Tschöpe und Pauline Aarts</i>	
21	Therapie und Hilfsmittelversorgung bei Hauptproblem Sitzen	299
	<i>Andrea Espei und Alexandra Weinreich</i>	
22	Therapie und Hilfsmittelversorgung bei Hauptproblem Stehen	323
	<i>Wencke Ackermann und Andrea Espei</i>	
23	Therapie und Hilfsmittelversorgung bei Hauptproblem Gehen	351
	<i>Annett Heitling und Wencke Ackermann</i>	
24	Therapie zur Verbesserung alltagsrelevanter Transfers	379
	<i>Elisabeth Eisenberger und Petra Marsico</i>	
25	Therapie, Lagerung und Hilfsmittelversorgung bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit schwerer Mehrfachbehinderung	413
	<i>Alfons Fuchs und Friederike Bock</i>	
26	Ambulante und stationäre Rehabilitation	427
	<i>Kristina Müller</i>	
27	Sozialrechtliche Beratung: Patientenbeispiel unter rechtlichen Gesichtspunkten – Best Practice	433
	<i>Elisabeth Pitz</i>	

28	Rechtliche Grundlagen und Tipps zur Hilfsmittelversorgung	451
	<i>Christiana Hennemann und Jörg Hackstein</i>	
29	Ausbildung für Therapieberufe	465
	<i>Petra Marsico</i>	
	Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis.....	472

Autorenverzeichnis

Pauline Aarts Ubbergen, Niederlande

Wencke Ackermann, MSc Orthopädische Kinderklinik Aschau, Aschau, Deutschland

Dr. med. Bettina Behring Kinder- und Jugendklinik, Abteilung Neuropädiatrie, Universitätsklinikum, Erlangen, Deutschland

Friederike Bock Physiotherapeutin, pädagogisch-therapeutische Konduktorin, Nürnberg, Deutschland

Univ.-Prof. Dr. med. Reinald Brunner, FRCS Universitätskinderspital beider Basel UKBB, Basel, Schweiz

Christiane Dieckmann, SoR Schule für Kranke Rummelsberg, Schwarzenbruck, Deutschland

Elisabeth Eisenberger, MSc Senior-Bobath-Lehrtherapeutin, Master of Science Neurorehabilitation, Sozialpädiatrisches Zentrum Kliniken Südostbayern AG, Traunstein, Deutschland

Julia Erbe Aschau im Chiemgau, Deutschland

Andrea Espei Münster, Deutschland

Inge Foerster-Tschöpe Altdorf, Deutschland

Dr. med. Andreas Forth Hessing Stiftung Augsburg, Augsburg, Deutschland

Alfons Fuchs Orthopädietechnikermeister, Heidelberg, Deutschland

Jörg Hackstein Rechtsanwälte, Lünen, Deutschland

Annett Heitling, MSc Studiengang Physiotherapie, Universität zu Lübeck, Lübeck, Deutschland

Christiana Hennemann rehaKIND – Internationale Fördergemeinschaft Kinder- und Jugendrehabilitation e.V., Dortmund, Deutschland

Dr. med. Manuel Keim Hessing Stiftung Augsburg, Augsburg, Deutschland

Ing. Mag. Dr. rer. nat. Andreas Kranzl Orthopädisches Spital Speising, Österreich

Dr. med. univ. Wolfgang Kubik Kids Chance Neuroreha, Bad Radkersburg, Österreich

PD Dr. med. Wolfgang Laube Altach, Österreich

Hedda Lienerth Pflege Neuroorthopädie, Rummelsberg, Postbauer-Heng, Deutschland

Petra Marsico, MSc Kinder-Reha Schweiz, Universitätskinderhospital Zürich, Schweiz; Master of Advanced Studies Entwicklungsneurologische Therapie, Universität Basel, Basel, Schweiz

Prof. Dr. med. Peter Martin Chefarzt Seguin-Klinik Kehl-Kork, Epilepsiezentrum Kork, Kehl-Kork, Deutschland

PD Dr. med. Kristina Müller Neuropädiatrie, St. Mauritius Therapieklinik gGmbH, Meerbusch, Deutschland

Elisabeth Pitz, MSc, Dipl.Soz-Päd.(FH), Veitshöchheim, Deutschland

Dr. med. Nils Schikora, MSc Hessing Stiftung Augsburg, Augsburg, Deutschland

Gregor Steininger, BA Wien, Österreich

Prof. h.c. Dr. med. univ. Walter Michael Strobl, MBA Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie, Salzburg, Österreich; Institut MOTIO für Kinder- und Neuroorthopädie, Wien, Österreich; Department für Gesundheitswissenschaften, Medizin und Forschung, Donau-Universität Krems, Krems a. d. Donau, Österreich

Sebastian Vitti Feldkirchen-Westerham, Deutschland

Dr. med. Michael Wachowsky Klinik für Kinder-, Jugend- und Neuroorthopädie, Sana Krankenhaus Rummelsberg, Schwarzenbruck, Deutschland

Alexandra Weinreich Suthfeld, Deutschland

Prof. Dr. med. Bettina Westhoff Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Leitende Ärztin Kinder- und Neuroorthopädie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

Abkürzungsverzeichnis

AAC	Augmentative and Alternative Communication	ATNR	Asymmetrisch tonischer Nackenreflex
ABILHAND	Fragebogen für Eltern zu wahrgenommenen Schwierigkeiten des Kindes mit CP bei manuell ausgeführten Alltagstätigkeiten	BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
		BiT	Bimanual Training (bimanuelles, zielgerichtetes tätigkeitsspezifisches Training)
ADL/ATL	Activities of Daily Living, Aktivitäten des täglichen Lebens	BMI	Body-Mass-Index
		BoNT	Botulinum-Neurotoxin
AFCSD	Ambulatory Functional Classification of Duchenne Muscular Dystrophy	BRK	Behindertenrechtskonvention
		BSG	Bundessozialgericht
AFO	Ankle Foot Orthosis (Unterschenkel- oder Knöchel-Fuß -Orthese)	BTHG	Bundesteilhabegesetz
		BWS	Brustwirbelsäule
AHA	Assisting Hand Assessment: Standardisiertes Testverfahren bei Hemiparese oder Plexusläsion 18 Monate bis 12 Jahre	BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
		CFCS	Communication Function Classification System
ALS	Amyotrophe Lateralsklerose	CHEQ	Children's Hand-use Experience Questionnaire
APA	Antizipatorische posturale Adaptation	CIDP	chronisch inflammatorische demyelinisierende Polyneuropathie
APGAR	Atmung, Puls, Grundtonus, Aussehen, Reflexe (Punkteschema zur Beurteilung des klinischen Zustands von Neugeborenen)	CIM	Critical-Illness-Myopathie
		CIMT	Constraint-Induced Movement Therapy (Forced Use Therapy)
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome (Atemnotsyndrom des Erwachsenen, Schocklunge)	CIP	Critical-Illness-Polyneuropathie
		CMD	kongenitale Muskeldystrophie
AS	Ashworth Scale	CMT	Charcot-Marie-Tooth-Erkrankung
ASD	Autism Spectrum Disorder – Autismus-Spektrum-Störung	COCP	Communicatieve Ontwikkeling van niet-sprekende Kinder en hun Communicatiepartners – Kommunikationsförderprogramm
		COP	Center of Pressure

COPM	Canadian Occupational Performance Measure	fMRT	functional Magnetic Resonance Imaging: funktionelle Bildgebung
COSA	Child Occupational Self Assessment	FSHD	fazioscapulohumerale Muskeldystrophie
CP	Cerebralparese	GAMMA	Gesellschaft für die Analyse Menschlicher Motorik in ihrer klinischen Anwendung
CPQOL	Cerebral Palsy Quality of Life Questionnaire for Children	GAS	Goal Attainment Scale
DAFO	Dynamic Ankle Foot Orthosis	GBA	Gemeinsamer Bundesausschuss
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	GBS	Guillain-Barré-Syndrom
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information	GCMAS	Gait and Clinical Movement Analysis Society
DM	Diabetes mellitus	GdB	Grad der Behinderung
DMD	Duchenne-Muskeldystrophie	GG	Grundgesetz
EBTA	European Bobath Tutor Association	GGMD	Gliedergürtelmuskeldystrophie
ECTS	European Credit Transfer System	GKV	Gesetzliche Krankenversicherung, Spitzenverband Bund der Krankenkassen (D)
EDAAP	Expression de la Douleur chez les Adultes et Adolescents Polyhandicapés (Schmerzskala insbesondere für geistig behinderte Menschen)	GM	General Movements
EDACS	Eating and Drinking Ability Classification Scale	GMFCS	Gross Motor Function Classification System
EEG	Elektroenzephalografie	GMFM	Gross Motor Function Measure
EMG	Elektromyografie: Messung der Muskelaktivität	GUK	Gebärdensunterstützte Kommunikation
ESMAC	European Society of Movement Analysis for Adults and Children	HELLP	hypertensive Schwangerschaftserkrankung
ET	Ergotherapeut/in	HMRI	Hilfsmittelrichtlinie
EUTB	Ergänzende unabhängige Teilhabeberatung	HMSN	Hereditäre motorisch-sensible Neuropathien
F.O.T.T	Facio-Orale-Trakt-Therapie	House	Assessment für die oberen Extremitäten im täglichen Leben, inklusive des Einflusses kognitiver Probleme
FA – I/II	Fast-adapting-Sensoren	HSMN	hereditäre sensomotorische Neuropathien
FC	Facilitated Communication	HWS	Halswirbelsäule
FCS	Family-Centred Service	IADL	Erfassung der Alltagskompetenz geriatrischer Patienten – instrumentelle Aktivitäten
FEES	Fiberoptic Endoscopic Examination of Swallowing (Videoendoskopie)		
FIM	Functional Independence Measure für Erwachsene		

IBITA	International Bobath Instructor Training Association	MR/MRI/MRT	Magnetic Resonance Imaging/Magnetresonanztomografie
ICD GM	International Classification of Diseases – German Modification	MS	Multiple Sklerose
ICF	International Classification of Functioning, Disabilities and Health	MUUL	Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function
ICF-CY	ICF – Children and Youth		
ICHI	International Classification of Health Interventions	MZEB	Medizinisches Zentrum für Erwachsene mit Behinderung
ICP	infantile Cerebralparese		
IFD	Integrationsfachdienst	N.A.P.	Neuroorthopädische Aktivitätsabhängige Plastizität
IMU	Initialsensorysystem (instrumentelle Ganganalyse)		
INN	Integration der Neurodynamik in der Neurorehabilitation	NEUROORTHO	Internationale Vereinigung für Neuroorthopädie
INRS	Individualisierte Numerische Rating Skala	OE OFS	Obere Extremitäten Oberflächensensibilität
IQ	Intelligenzquotient		
ISAAC	International Society for Augmentative and Alternative Communication	OSG OT	Oberes Sprunggelenk Orthopädietechniker/in
ITP	integrierte Teilhabeplanung		
KI	künstliche Intelligenz	PADS	Pain and Discomfort Scale
KSU	klinische Schluckuntersuchung	PEDI	Pediatric Evaluation of Disability Inventory
LWS	Lendenwirbelsäule		
MACS	Manual Ability Classification System	PedsQLCP	Lebensqualitätsfragebogen für Kinder mit CP
MBS	mehrdimensionale Bereichsdiagnostik und Behandlung	PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie
mCIMT	Modified Constraint-Induced Movement Therapy (Forced Use Therapy)	PKV	Private Krankenversicherung
MDK	Medizinischer Dienst der Krankenkasse	PT PZP	Physiotherapeut/in Persönliche Zukunftsplanung
MDS	myelodysplastisches Syndrom	QM	Qualitätsmanagement
MiS	Mikrostimulation		
MMC	Meningomyelocele (Spina bifida)	RLANRC	Rancho Los Amigos National Rehabilitation Center
MRC	Medical Research Council		

ROM	Range of Motion	TS	Tiefensensibilität
RVT	Reha-Vorbereitungstraining	TST	Terminal Stance – Phase des Gangzyklus
SA – I/II	Slow-adapting-Sensoren	UAG	Unterarmgehstützen
SCPE	Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (Zusammenarbeit von Fachleuten, die mit CP-Registern arbeiten, um Trends bei CP zu untersuchen und zu überwachen)	UE	untere Extremitäten
		UK	Unterstützte Kommunikation
		UN-BRK	UN-Behindertenrechtskonvention
SEMLS	Single-Event Multilevel Surgery	USG	Unteres Sprunggelenk
SGB	Sozialgesetzbuch	VdK	Verband der Kriegs- und Wehrdienstopfer, Behinderten und Sozialrentner (D)
SGG	Sozialgerichtsgesetz	VeBID	Verein der Bobath-InstruktorInnen Deutschland und Österreich
SHUEE	Shriners Hospital Upper Extremity Evaluation	VFSS	videofluoroskopische Untersuchung
SI	sensorische Integration	VP-Shunt	ventrikuloperitonealer Shunt
SMA	spinale Muskelatrophie	VR	Virtual Reality
SMART	Zielsetzungen: S = spezifisch, M = messbar, A = attraktiv, R = realistisch, T = terminiert	WeeFIM	Functional Independence Measure für Kinder
SMS	Sensomotorisches System	WES	Whole Exome Sequencing (molekulargenetische Untersuchung)
SPIO	Stabilizing Pressure Input Orthosis	WHO	World Health Organisation
SPZ	Sozialpädiatrisches Zentrum	ZHAW	Züricher Hochschule der angewandten Wissenschaft
STNR	Symmetrisch tonischer Nackenreflex	ZNS	zentrales Nervensystem
TCMS	Trunk Control Measurement Scale		



Was ist Neuroorthopädie?

Walter Michael Strobl

Inhaltsverzeichnis

- 1.1 **Definition der Neuroorthopädie – 2**
- 1.2 **Aufgabengebiet und Zielgruppe Patienten – 4**
- 1.3 **Arbeitsweise und Zielgruppe interdisziplinärer
Behandlungsteams – 5**

- Literatur – 7**

1

Das Spezialgebiet der Neuroorthopädie beschäftigt sich mit der Diagnostik, Analyse, Vorbeugung, Behandlung und Rehabilitation der Auswirkungen von Nerven- und Muskelerkrankungen auf das Bewegungssystem im Kindes- und Erwachsenenalter. Da die neuromuskuläre Grunderkrankung nur in wenigen Fällen kausal behandelt werden kann, besteht das neuroorthopädische Behandlungsziel meist im Ausgleich der Bewegungsbehinderung und in der Verbesserung der Lebensqualität. Störungen des Systems der Bewegungsorgane bedürfen einer systemischen Diagnostik, Therapie und Langzeitbetreuung, die durch die optimale Zusammenarbeit von Spezialisten der Ärzteschaft, der Therapie- und Pflegeberufe, der Orthopädie- sowie Rehabilitationstechnik sowie zahlreichen anderen Berufsgruppen ermöglicht werden. Im ersten Teil des Kapitels wird versucht, das Spezialgebiet zu definieren, im zweiten Teil werden Grunderkrankungen und neuroorthopädische Krankheitsbilder überblicksweise dargestellt, und im dritten Teil wird die spezifische Arbeitsweise des interdisziplinären Behandlungsteams beschrieben.

1.1 Definition der Neuroorthopädie

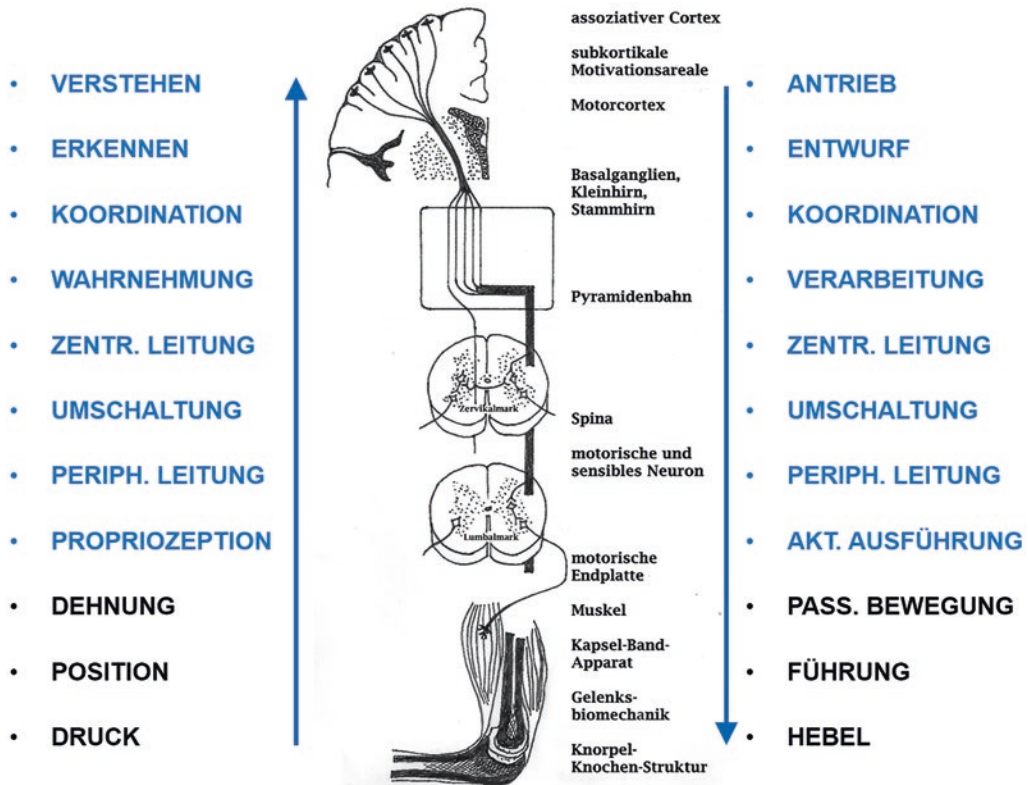
Haltung und Bewegung gehören neben Ernährung und Ausscheidung, Kommunikation und Interaktion, Fortpflanzung und Wachstum zu den Grundfunktionen von Lebewesen. **Die menschlichen Haltungs- und Bewegungsorgane sind ein sehr gutes Beispiel für ein komplexes biologisches System**, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Ergebnis seiner Wechselwirkungen, kurz die Summe, größer ist als seine einzelnen Bestandteile. Um komplexe Systeme zu verstehen, gilt seit Aristoteles die Reduktion und Analyse von deren Bestandteilen als die Grundlage naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns. Das Bewegungssystem

des Menschen kann demgemäß in einen aktiven Teil – das Gehirn, das Rückenmark, die peripheren Nerven und Muskeln – und einen passiven Teil – die Gelenke, Bänder und Knochen – unterteilt werden. Spezialisierte Teilgebiete, wie die Genetik, Neurowissenschaften, Neurologie, Bewegungsanalyse, Biomechanik, Orthopädie, Rehabilitation, Sport- und Sozialwissenschaften, beschäftigen sich heute mit Phänomenen menschlicher Bewegung.

Das Verständnis für die physiologischen und pathologischen Wechselwirkungen des Bewegungssystems und der Gesetzmäßigkeiten seiner Selbstorganisation bedarf einer systemischen Betrachtungsweise, wie sie die von Ludwig von Bertalanffy (1948) im Jahr 1948 beschriebene Systemtheorie ermöglicht. Diese systemische Sichtweise des menschlichen Bewegungssystems bei neuromotorischen Erkrankungen hat sich als Aufgabe neuroorthopädischen Denkens etabliert (siehe ■ Abb. 1.1).

► „Neuroorthopädie“ kann als medizinisches Fachgebiet definiert werden, das die systemische Diagnostik, Funktionsanalyse, Prävention, Behandlung und Rehabilitation von Störungen des Bewegungssystems bei Nerven- und Muskelerkrankungen im Kindes- und Erwachsenenalter umfasst.

Die Neuroorthopädie ist als Teil der Orthopädie kein eigenständiges Fachgebiet. Sie kann jedoch als eine der Wurzeln des Faches Orthopädie betrachtet werden. Historisch widmen orthopädische Lehrbücher dem Spezialgebiet bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts eigene Kapitel zur Orthopädie bei Nervenerkrankungen. „Wir befinden uns hier auf einem Feld unserer Tätigkeit, das bisher nur wenig bekannt war, dessen Ausbau jedoch die schönsten Früchte verspricht!“, beschreibt einer der Begründer der Orthopädie, Albert Hoffa (1859–1907) das Gebiet der Neuroorthopädie im Jahre 1900 zu Beginn seines Kapitels „Die Or-



■ **Abb. 1.1** Um die Wechselwirkungen des Bewegungssystems bei neuromotorischen Erkrankungen zu verstehen, bedarf es einer systemischen Diagnostik und Analyse

thopädie im Dienste der Nervenheilkunde“ (Hoffa 1900).

Heute umfasst die Definition der Neuroorthopädie in den Lehrzielkatalogen zu den deutschsprachigen Facharztprüfungen alle orthopädisch relevanten Erkrankungen und Schädigungen des zentralen und peripheren Nervensystems. Diese breite Definition spiegelt sich in der gängigen Praxis wider. Eine Gruppe von Orthopäden, Wirbelsäulen- und Neurochirurgen sowie Manualmediziner beschäftigt sich als Neuroorthopäden mit Wirbelsäulenschmerzsyndromen oder Diskuschirurgie (Kügelgen 1995; Matzen et al. 2017; Wehling et al. 1995). Eine weitere Gruppe von Neurologen untersucht als Neuroorthopäden die Wechselwirkungen von Bewegungsstörungen. Eine

dritte Gruppe von Neuroorthopäden arbeitet auf dem Gebiet **komplexer orthopädischer Krankheitsbilder bei cerebralen Bewegungsstörungen und neuromuskulären Erkrankungen**. Sie kommt aus der Kinderorthopädie und sammelte etwa durch Jahrzehnte Erfahrungen mit orthopädischen Problemen bei Poliomyelitis und Cerebralpareesen (Stotz und Zawadzky 2000; Brunner 2013). Ihr Behandlungsziel ist die Verbesserung der Lebensqualität bei Haltungs-, Gang-, Greif- und Bewegungsstörungen aufgrund cerebraler und spinaler peripher-neurogener und muskulärer Entwicklungsstörungen, nach Insulten, Infektionen und Traumen des Zentralnervensystems (Strobl 2010, 2014). Deren Arbeitsgebiet wird in diesem Lehrbuch erstmals umfassend dargestellt (siehe ■ Abb. 1.2a–c).

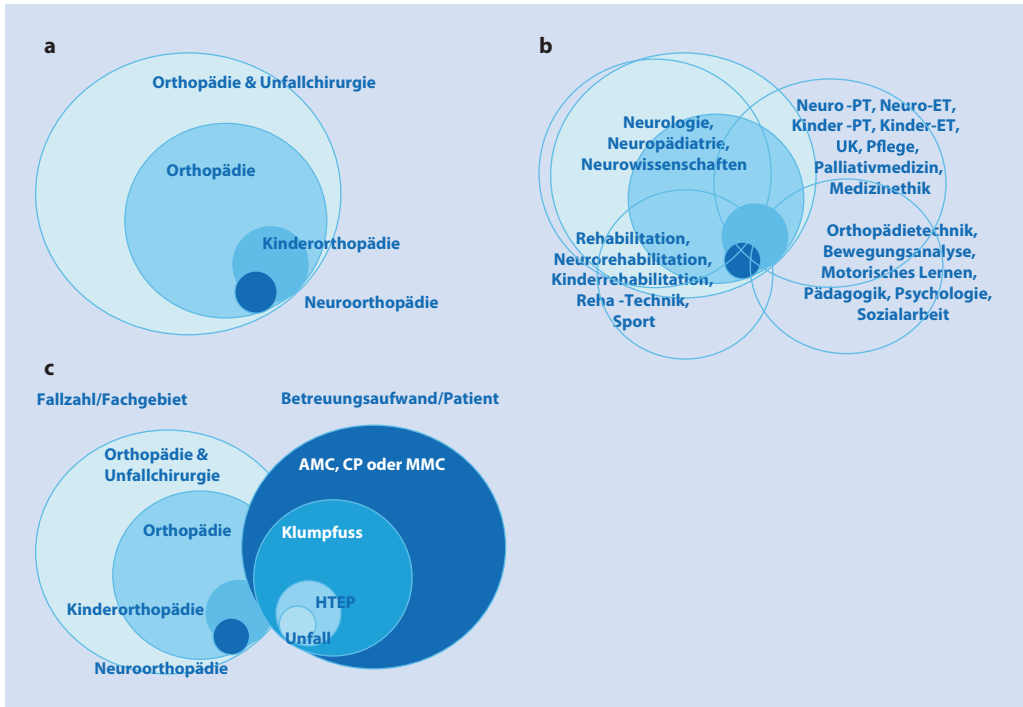


Abb. 1.2 a Neuroorthopädie ist Teilgebiet der Orthopädie und Unfallchirurgie, speziell auch im Bereich der Kinderorthopädie, b dennoch bestehen noch mehr Überschneidungen mit anderen Disziplinen. c Ihr Aufgabengebiet als „Lifetime Medicine“ sind die vielfältigen Probleme des Bewegungssystems bei komplexen neuromotorischen Erkrankungen jeder Altersgruppe. *PT* Physiotherapie, *ET* Ergotherapie, *AMC* Arthrogyposis congenita multiplex, *MMC* Myelomeningocele, *HTEP* Hüft-Totalendoprothese

1.2 Aufgabengebiet und Zielgruppe Patienten

Im deutschen Sprachraum leben heute etwa 150.000 Menschen mit einer Hemiparese nach einem cerebralen Insult und rund 70.000 Kinder mit einer schweren Form einer Cerebralparese. Je nach der Lokalisation und dem Schweregrad der Schädigung des Gehirns liegen verschieden ausgeprägte Formen von Bewegungs-, Haltungs-, Gang-, Greif-, Sprach-, Wahrnehmungs- und Lernstörungen vor. Die primäre neurogene Schädigung ist nicht heilbar, aber sowohl von der Förderung und Rehabilitation der neurobiologisch formbaren Sensomotorik als auch von der Vorbeugung und Behandlung zusätzlich auftretender Probleme, wie Bewegungseinschränkung, -mangel und

einseitiger Belastung, hängen das Erreichen einer ausreichenden Mobilität und Selbstständigkeit und das Selbstbewusstsein des Patienten ab. Daher kann das Aufgabengebiet wie folgt definiert werden:

- Aufgabe der Neuroorthopädie ist die Erleichterung von Alltagsfunktionen, wie Fortbewegung, Gehen, Greifen, Stehen, Sitzen und Lagerung, und die rechtzeitige Vorbeugung der Entwicklung von Sekundärschäden des Bewegungssystems bei Menschen jeden Alters mit neuromotorischen Erkrankungen und Behinderungen. Ziel ist das Erreichen einer langfristig schmerzfreien Mobilität, Autonomie und Inklusion des Patienten, das (Wieder-)Erreichen einer vollständigen sozialen Teilhabe und Akzeptanz.

Neuroorthopädische Diagnostik und Therapie müssen im kulturellen, regionalen und historischen Kontext differenziert betrachtet werden. Sie sind abhängig von **Epidemiologie und Wandel der neurologischen Krankheitsbilder**. In den Staaten der Europäischen Union sind Infektionen des Nervensystems wie Poliomyelitis heute von Erkrankungen durch degenerative Veränderungen des Nervensystems und nach erfolgreichen intensivmedizinischen Interventionen rund um die Geburt und nach Unfällen verdrängt worden. Durch die Erhöhung der Lebenserwartung hat in den vergangenen Jahrzehnten die Häufigkeit degenerativer neurogener Grunderkrankungen und damit die Relevanz der Diagnostik und Behandlung neuroorthopädischer Krankheitsbilder stetig zugenommen. Neuroorthopädische Krankheitsbilder werden auch in Zukunft einem steten Wandel unterliegen. Möglichkeiten und Grenzen der Neurologie, Intensivmedizin, molekulargenetischen Diagnostik und Therapie werden diesen Wandel mitbestimmen.

1.3 Arbeitsweise und Zielgruppe interdisziplinärer Behandlungsteams

Das Zusammenspiel des aktiven und passiven Bewegungssystems ist ein hervorragendes Beispiel für ein komplexes biologisches System. Neuroorthopädische Probleme bedürfen daher einer systemischen Diagnostik und Therapie. Durch den Einfluss und die Synthese funktionell anatomischer, biomechanischer, neurophysiologischer, entwicklungsbiologischer, psychischer und sozialer Grundprinzipien stellen sie bei jedem einzelnen Patienten eine interessante neue Herausforderung dar. Neuroorthopädie kann somit in der Erfüllung dieser Kernaufgabe durch eine sehr **spezifische Behandlungsphilosophie und -strategie** definiert werden.

Es handelt sich um ein Spezialgebiet, in dem ein gemeinsames Verständnis von Wert und Qualität des Lebens mit Behinderung sowie interdisziplinäres Denken und multiprofessionelle Zusammenarbeit in einem gut funktionierenden Netzwerk Voraussetzung sind für eine menschlich und fachlich hochwertige medizinische Arbeit. Die Pioniere der Körperbehindertenfürsorge Konrad Biesalski in Berlin und Winthrop Phelps in Baltimore, Gründer der ersten multiprofessionellen Organisation, der American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine, erkannten dies bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts (Hohmann 1920; Phelps 1945; Phelps und James 1948).

Heute versuchen **multiprofessionelle Teams** von Spezialisten aus der Ärzteschaft, Therapie- und Pflegeberufen, Sportwissenschaft, Pädagogik und Psychologie, Orthopädie- und Rehabilitationstechnik, aber auch Neurowissenschaft, Biomechanik und Mechatronik, gemeinsam diese Aufgabe zu erfüllen (■ Abb. 1.3). Die Lebensqualität von Menschen mit Bewegungsbehinderungen hängt von ihrer Schmerz- und Bewegungsfreiheit, ihren selbstständigen Aktivitäten in ihrer sozialen Umgebung ab. Aber auch von ihrem Recht auf Unvollkommenheit. Alle Therapieansätze der Neuroorthopädie müssen daher die **individuellen Ziele und Wünsche** des Patienten und seiner Familie und Betreuer berücksichtigen.

Die Zusammenarbeit ist **zeitkritisch**. In der Zeit der frühen Rehabilitation nach akuten neurologischen Erkrankungen und in der Zeit des Wachstums entwicklungsgestörter Kinder liegt der Schlüssel zur späteren verbesserten Lebensqualität bewegungsbehinderter Menschen, hier beginnt der wichtige präventive Arbeitsbereich der Neuroorthopädie.

Das Bewegungssystem des Patienten wird, beeinflusst von Krankheit und Gesundheit, Armut und Wohlstand, in Zukunft einer noch exakteren Diagnostik und Analyse zugänglich werden. Die Hoff-

Familie**Kinder-/Neurologie****Orthopädie****Orthopädietechnik****REHA -Technik****Schuhtechnik****Bewegungsanalyse****Sozialberatung****Pflege****Pädagogik****Physiotherapie****Ergotherapie/Unterstützte Kommunikation****Psychologie****Patientenedukation****Networking****Selbsthilfegruppe**

▣ **Abb. 1.3** Voraussetzung für die neuroorthopädische systemische Diagnostik und Behandlung sind optimale interdisziplinäre Koordination und Kooperation

nungen in die Vorbeugung und Behandlung von Erkrankungen, die Mobilität und Selbstständigkeit jedes Menschen bis ins hohe Erwachsenenalter nicht beeinträchtigen dürfen, werden daher weiter steigen. Verbesserungen im Zusammenspiel des multiprofessionellen Behandlungsteams werden Motor einer Weiterentwicklung sein. Körpereigenes Gewebe und neuartige Materialien der Werkstoffwissenschaften werden Trans- und Implantationen in der chirurgischen Neuroorthopädie und die neuroorthopädische Orthetik und Prothetik verändern, wenn dadurch ein neuer Standard der Biokompatibilität und des Komforts und eine nachhaltige Verbesserung der Lebensqualität des wachsenden und erwachsenen Menschen erreicht werden können (Strobl 2010).

Kernaussagen

- „Neuroorthopädie“ umfasst als medizinisches Fachgebiet die systemische Diagnostik, Funktionsanalyse, Prävention, Behandlung und Rehabilitation von Störungen des Bewe-

gungssystems bei Nerven- und Muskelerkrankungen im Kindes- und Erwachsenenalter.

- Störungen des Systems der Bewegungsorgane bedürfen einer systemischen Diagnostik, Therapie und Langzeitbetreuung, die durch die optimale Zusammenarbeit von Spezialisten der Therapie- und Pflegeberufe, der Orthopädie- und Rehabilitationstechnik, der Ärzteschaft und Sozialpädagogik sowie zahlreicher anderer Berufsgruppen ermöglicht werden.
- Aufgabe der Neuroorthopädie ist die Erleichterung von Alltagsfunktionen, wie Fortbewegung, Gehen, Greifen, Stehen, Sitzen und Lagerung, und die rechtzeitige Vorbeugung der Entwicklung von Sekundärschäden des Bewegungssystems bei Menschen jeden Alters mit neuromotorischen Erkrankungen und Behinderungen. Ziel ist das Erreichen einer langfristig schmerzfreien Mobilität, Autonomie und Inklusion des Patienten, das (Wieder-)Erreichen einer vollständigen sozialen Teilhabe und Akzeptanz.

Literatur

- Brunner R (2013) Editorial. *J Child Orthop* 7(5):365. ► <https://doi.org/10.1007/s11832-013-0507-6>. Zugriffen: 10. Aug. 2013
- Hoffa A (1900) Die Orthopädie im Dienste der Nervenheilkunde. In: Lehrbuch der Orthopädie. Fischer, Jena
- Hohmann G (1920) Das Werk von Konrad Biesalski. *Dtsch Med J* 6:651–652
- Kügelgen B (1995) Aktuelle Neuroorthopädie – Bilanz und Ausblicke. Springer, Berlin. 978-3-642-78372-2 (ISBN)
- Matzen P, Deschauer M, Kornhuber M, Scholz R (Hrsg) (2017) Neuroorthopädie. De Gruyter, Berlin. 978-3-11-035242-9 (ISBN)
- Phelps WM (1945) Neuromuscular disorders exclusive of poliomyelitis. *Arch Surg* 51:315–318
- Phelps WM, St. James R (1948) The prevention of postural deformities in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 29(4):212–217
- Stotz S, von Zawadzky R (2000) Therapie der infantilen Cerebralparese. Pflaum, Dayton. 978-3790508383 (ISBN)
- Strobl WM (2010) Neuroorthopädie (Editorial). *Der Orthopäde* 39(1):5–6. ► <http://doi.org/10.1007/s00132-009-1531-6>
- Strobl WM (2014) Neuroorthopädie (Editorial). *Der Orthopäde* 43(7):601–602. ► <http://doi.org/10.1007/s00132-013-2213-y>
- von Bertalanffy L (1948) Zu einer allgemeinen Systemlehre, *Biologia Generalis*. MIT Press/Wiley & Sons, New York/Cambridge, S 114–129
- Wehling P, Cleveland S, Reinecke J, Schulitz KP (1995) Magnetic stimulation as a diagnostic tool in cervical nerve root compression and compression-induced neuropathy. *J Spinal Disord* 8(4):304–307



Neuroanatomie und Neurophysiologie der Motorik – Wechselwirkungen des sensomotorischen Systems


Wolfgang Laube

Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Steuerung menschlicher Bewegung – das sensomotorische System: Aufbau und physiologische Funktion – 10
- 2.2 Das sensomotorische System im physiologischen Alterungsprozess – 11
- 2.3 Von der SMS-Funktion abhängige Körperstrukturen – 12
- 2.4 Prägung der Struktur und Funktion im Zyklus Belastung – Adaptation – 13
- 2.5 Die Erkrankungsgruppe der physischen Inaktivität – „diseasome of physical inactivity“ – 14
- Literatur – 15

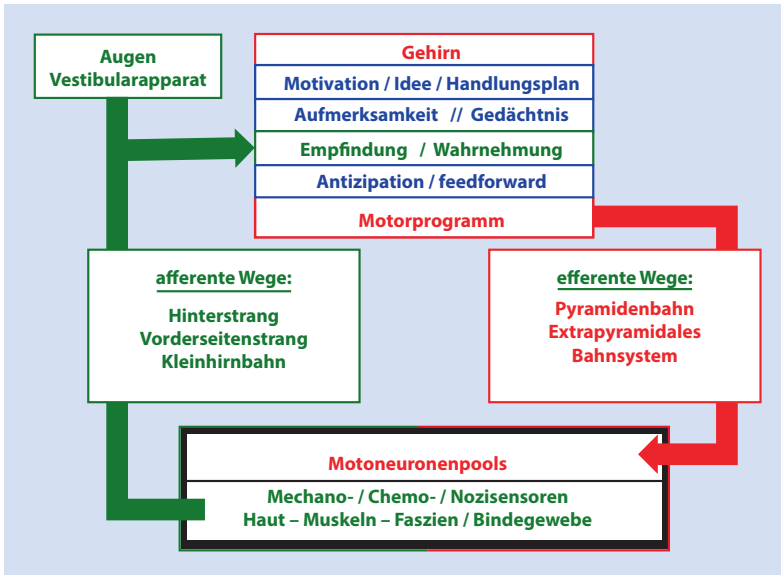
Bewegung – prägendes und gesundheitsrelevantes Lebensmerkmal. Bewegungen sind ein prägendes Merkmal des Lebens. Sie sind für die Struktur und Funktion des Körpers essenziell. Immer ausreichend vielfältige, andauernde und intensive Bewegungen sorgen für die körperliche und kognitive Reifung und Entwicklung als auch für die Struktur-erhaltung bis ins hohe Alter und damit einen guten Gesundheitszustand.

2.1 Steuerung menschlicher Bewegung – das sensomotorische System: Aufbau und physiologische Funktion

Das sensomotorische System (SMS) generiert alle Bewegungen. Dessen Strukturen sind funktionell kreisförmig verknüpft und immer als Ganzes aktiv (Laube 2009, 2019,  Abb. 2.1).

„Senso-“ kommt von **Sensoren**, von der Informationsaufnahme in die „körper-eigene Sprache“. Korpuskuläre Sensoren reagieren als langsam adaptierende (SAI,

SAII), solange die Reize einwirken, oder als schnell adaptierende (FAI, FAII), nur wenn sie sich verändern. Damit wird das Gehirn über ihre Dauer und Intensität und die Intensitätsänderungen unterrichtet. Freie Nervenendigungen übersetzen mechanische und thermische Reize oder sind Schmerz-sensoren. So gibt es Mechano-, Chemo-, Temperatur- und Schmerzsensoren in der Haut (Oberflächensensibilität: OFS), den Muskeln, Faszien und den bindegewebigen Gelenkstrukturen (Propriosensoren, Tiefensensibilität: TS) und weiterhin optische und akustische. Der Gleichgewichtssensor reagiert auf die Gravitation und die Raum-position des Kopfes. Alle Sensoren übersetzen die Reize am anatomischen Standort, und somit „ermitteln“ sie keine Gelenkwinkel, Körper- und Raumpositionen, Bilder, Musik oder Stimmen. Das sind Leistungen des Gehirns. Deshalb ist Bewegung immer Kognition. Die Signale aller Sensoren sind das Afferenzmuster. Es macht das Gehirn erst handlungsfähig, weshalb ca. 93 % aller Nervenfasern Informationen zum Gehirn, aber nur 7 % zu den Muskeln leiten (Gesslbauer et al. 2017).



 **Abb. 2.1** Das sensomotorische System

Die oberste Instanz des **sensomotorischen Nervensystems** ist der präfrontale Cortex. Der somatosensorische Cortex erhält alle Informationen der OFS und TS, die Sehrinde die optischen und die Hörinde die akustischen. Die vestibulären Hirnstammkerne verarbeiten auch optische Signale und jene der OFS und TS zu den posturalen Regulationen, den reflektorischen Subprogrammen für die Körperhaltung, -kontrolle und das Gleichgewicht (Stützsensomotorik). Sie entwickeln sich aus den frühkindlichen Reflexen, werden beim Lernen spezifisch für die Bewegungen nutzbar gemacht und bestimmen die Bewegungsqualität. Mit der Aufmerksamkeit wählt das Gehirn die für die Zielbewegung „wichtigen“ Informationen aus. Die Qualität der Auswahl bestimmt den Lernprozess und qualifiziert die kognitiven Leistungen des Wahrnehmens der Bewegungen, der räumlichen Lage und der Position der Körperteile zueinander (Meinel und Schnabel 2004). Die OFS verantwortet das Druck-, Berührungs- und Vibrationsempfinden und die TS den Lage- oder Positionssinn, den Kraftsinn und ergänzt durch die OFS den Bewegungssinn.

Das Gehirn lernt, indem es die Vernetzungsstruktur der Funktion anpasst (Adkins et al. 2006). Darin integriert ist auch die Schmerzhemmung, weshalb Trainierende eine geringere Schmerzempfindlichkeit haben (Flood et al. 2017). Das Gegenteil ist das Verlernen, indem diese Struktur wieder abgebaut wird.

Die Signale des Gehirns an die Motoneuronen sind das Efferenzmuster. Die Pyramidenbahn aktiviert bevorzugt die Muskeln der Zielsensomotorik. Durch Verschaltungen zu den afferenten Wegen wird Einfluss auf ihren Informationsfluss genommen. Das extrapyramidale System integriert Funktionen der Basalganglien und des Hirnstamms. Damit werden die posturalen Regulationen und die Schmerzhemmung Teile der Bewegungen. Beide Bahnen enden bevorzugt in den spinalen Netzen.

Die α -Motoneurone sind die letzte Verarbeitungszentrale des SMS. Sie innervieren viele Muskelfasern gleichen Typs (langsam, schnell) und bilden mit ihnen motorische Einheiten. Die kontinuierlich anwachsende Größe der Motoneurone bestimmt ihre Rekrutierung (Henneman 1957), die Leitungsgeschwindigkeiten der Axone und die Kontraktionskraft, -geschwindigkeit und Ermüdbarkeit ihrer Muskelfasern. Alle erhalten einen gemeinsamen Antrieb, den Common Drive, der mittels der Eigenschaften der Motoneurone in die Rekrutierungsreihenfolge umgesetzt wird. Muskelschmerzen verändern sie.

Motor- kommt von Muskel, also von **Leistungsabgabe**. Die Muskelspannung wird über die Faszien und Sehnen auf das Skelett übertragen. Die aktiven Muskeln produzieren Signalstoffe (Myokine, Pedersen 2010) für den Muskelaufbau, dessen Regeneration, den Ausbau der Gefäßversorgung und die Aktivierung eines antientzündlichen Netzwerks in allen Geweben. Das viszerale Fett produziert entzündungsfördernde Signalstoffe. Ist die Bilanz zu ihnen verschoben, entsteht eine systemische persistierende geringgradige Entzündung, die keine Schmerzen verursacht. Sie ist aber die Ursache für die Entwicklung chronisch-degenerativer Erkrankungen. Die Phylogenese hat nur den kontrahierenden Muskel zum Hormonproduzenten gemacht und die Sensomotorik damit zum wichtigsten „Gesundheitsfaktor“.

2.2 Das sensomotorische System im physiologischen Alterungsprozess

Der Alterungsprozess verändert das ganze SMS (Hunter et al. 2016; Gomes et al. 2017). Die Funktionsfähigkeit fällt. Bevorzugt werden die FAI- und FAII-Sensoren reduziert. Die Leitungsgeschwindigkeiten der schnellen afferenten wie efferenten

Axone sinken. Im gesamten Nervensystem vermindert sich die Vernetzung und Neurone gehen verloren. In der Folge wird das Gehirn immer weniger und weniger schnell über die dynamischen Vorgänge informiert, auf die es mit Muskelantworten reagieren müsste. Bewegungsqualität und Gleichgewicht leiden. Die Informationsverarbeitung wird eingeschränkt. Dies mindert schleichend die sensomotorische Integration und alle kognitiven Leistungen. Die endogene Schmerzhemmung wird ineffektiver. Es steigt die Disposition für Schmerzen. Die Motoneuronenpools werden um bis zu 50 % gelichtet und wieder bevorzugt die schnellen motorischen Einheiten. Ihre Muskelfasern werden zum Teil von langsamen Motoneuronen übernommen. Die Muskeln unterliegen der Sarkopenie. Die verlorenen Muskelfasern werden durch Binde- und Fettgewebe ersetzt. Die maximale Kraft und die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung fallen.

2.3 Von der SMS-Funktion abhängige Körperstrukturen

Die SMS-Aktivität beansprucht Gewebe und Organsysteme, die nicht zum SMS gehören (siehe [Abb. 2.2](#)). Die Logistiksysteme Atmung, Herz-Kreislauf und der aerobe Energiestoffwechsel jeder Zelle oder Muskelfaser werden ausschließlich durch andauernde oder intensive SMS-Aktivität so beansprucht, dass ihre Funktionsfähigkeit erhalten bleibt. Diese Belastungen sind zugleich Basis für die Aktivierung der globalen und lokalen anabolen Hormonsysteme, wenn sie eine Mindestbeanspruchung erreichen.

Die Körpermatrix (Myers 2015) der Faszien hat viele Funktionen. Erstens überträgt sie „passiv“ die Muskelspannungen in der Muskelkette (Bernabei et al. 2016) und mit den Sehnen auf das Skelett. Daran sind auch die Gelenkkapseln, die Bänder und die periartikulären Strukturen betei-

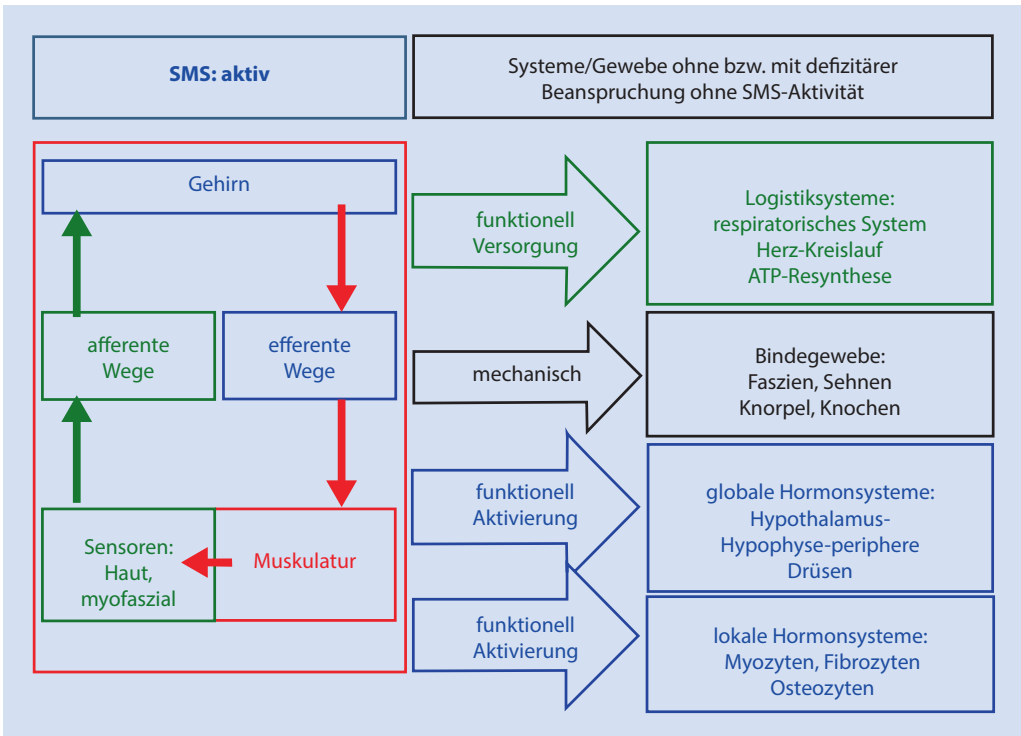


Abb. 2.2 Die von der Funktion des SMS abhängigen Gewebe und Funktionssysteme