Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia

Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband

Band: 36 (2000)

Heft: [1]

Artikel: Koordinationsdynamik-Therapie, 2. Teil : Praxis : Ersttherapie von Hirnverletzten und verpass(tz)te Frühtherapie

Autor: Schalow, Giselher

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929546

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

PRAXIS

Koordinationsdynamik-Therapie, 2. Teil: Praxis:

Ersttherapie von Hirnverletzten und verpass(tz)te Frühtherapie

Dr. med. habil., Dr. rer. nat., Dipl. Ing. Giselher Schalow, Department of Neurology and Rehabilitation, University Hospital Tampere, PB 2000, 33521 Tampere;
Institut for Coordination Dynamic Therapy and Human Neurophysiology, Pinewood House, PL 37, FIN-54801 Savitaipale, Finland.

Mittels der auf human-neurophysiologischen Messungen beruhenden Koordinationsdynamik-Therapie erscheint es möglich, jedes verletzte zentrale Nervensystem (ZNS) in seinen Funktionen entscheidend zu verbessern. Anhand von drei Jungen im Alter von 10 bis 14 Jahren, die bei einem Autounfall respektive Fahrradunfall eine schwere Hirnverletzung erlitten, wird gezeigt, dass zwar auch bei einer verpassten Frühtherapie Funktionen im verletzten ZNS restauriert werden können, dass aber bei einer Frühtherapie sich nicht oder viel weniger Fehlorganisationen ausbilden, so dass die funktionelle Reorganisation des ZNS einfacher ist.

Im Folgenden wird an drei Jungen gezeigt, dass bei ZNS-Verletzung eine Frührehabilitation angestrebt werden sollte, damit sich nicht erst pathologische Netzwerkorganisationen im ZNS ausbilden, die das Umlernen erschweren. Aber wenn die Frührehabilitation auch verpasst worden ist, so kann das ZNS trotzdem noch funktionell reorganisiert werden. Wie in früheren Fachartikeln gezeigt wurde, kann auch noch nach Jahrzehnten das ZNS erfolgreich reorganisiert werden.

Methode

Zur funktionellen Reorganisation des verletzten ZNS wurde die Koordinationsdynamik-Therapie eingesetzt. Die Theorie [8] basiert auf human-neurophysiologischen Messungen und benutzt als Konzept zur funktionellen Reorganisation das instrumentierte instruierende Lernen (Wiedererlernen von Frequenz- und Phasenkoordination) und das Lernen unter Nutzung von Automatismen. Das Wiedererlernen relativer (spezifisch wechselnder) Frequenz- und Phasenkoordination kann

1. mikroskopisch gesehen werden als das koordinierte Feuern von Neuronen im ZNS,
2. auf der Ensemble-Ebene (Gruppen von Neuronen) gesehen werden als das koordinierte Feuern von selbstorganisierten Oszillatoren und
3. makroskopisch gesehen werden als das koordinierte Bewegen von Armen, Beinen und Rumpf.

Schlüsselwörter

Human-Neuroelektrophysiologie; Phasen- und Frequenzkoordination; Koordinationsdynamik; ZNS-Verletzung; Koordinationsdynamik-Therapie; Koordinationsdynamik-Diagnostik; Instrumentiertes Lernen; Lerntransfer; Mitbewegung; Spastik-Reduzierung

Koinzidenzprinzip bei der Mitbewegung

1. Das Verständnis auf mikroskopischer Ebene wurde benutzt beim Verbinden von funktionell getrennten Netzwerkteilen mittels des Koinzidenzprinzips *(Abb. 34)*. Durch ein auf Millisekunden genau gleichzeitiges (oder allgemeiner koordiniertes) Eintreffen von Aktionspotenzialen am Neuritenbaum eines Neurons können bestimmte Netzwerk-Verbindungen gestärkt werden, weil die Erregungsschwelle von Neuronen schneller erreicht wird. Ein sich nicht bewegender Arm bei einer Hemiparese kann so dazu gebracht werden, sich wieder koordiniert mitzubewegen. Die Mitbewegung kann in Phase *(Abb. 35)* und in Gegenphase *(Abb. 83)* ausgelöst werden.

Visueller Input vom Spiegelbild gibt zusätzlichen «Drive» für die Oszillatoren

2. Das Verständnis von Frequenz- und Phasenkoordination auf Ensemble-Ebene wurde benutzt beim Einsetzen von Spiegeln beim Ausführen von koordinierten rhythmischen Bewegungen *(Abb. 63)*. Beim Wahrnehmen der eigenen Bewegung im Spiegel bekommt das ZNS des Patienten

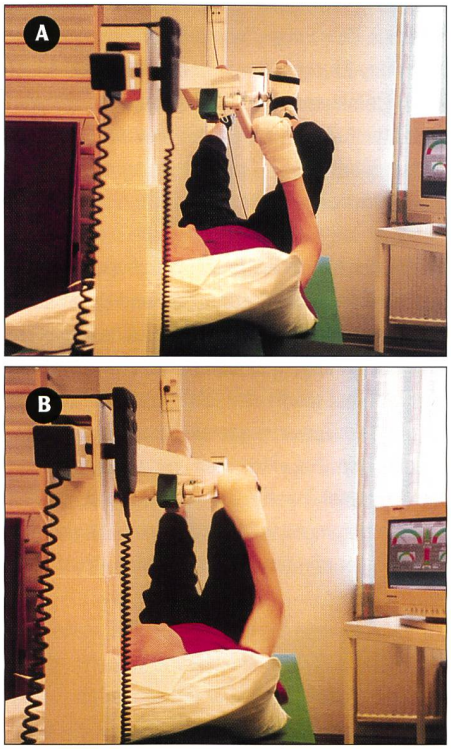

Abb. 83: **Gegenphase Mitbewegung bei einem 60 Jahre alten Schlaganfallpatienten (Verschluss der Cerebri media) während des Bewegens auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerätes in liegender Stellung.**

Anmerkung zu Abb. 83: Die rechte Hand des Patienten ist mit einer Binde an die Kurbel fixiert, sodass der Patient ohne Hilfe üben kann. Wenn die rechte (und die linke) Hand vom Therapeuten geführt und gehalten wurde, dann zeigte auch die rechte paretische Hand Mitbewegung in der Weise, dass die rechte Hand vorübergehend sich fast selbst halten konnte. A. Patient zu Beginn des Übens. Das rechte Knie ist in lateraler Position (keine Mitbewegung). B. Wenn der Patient etwa 30-mal gedreht hatte, dann konnte das rechte paretische Knie in der mittleren Position während des Drehens gehalten werden (Mitbewegung in Aktion). Interessant ist, dass, wenn der Patient konzentriert auf die rechte Hand oder das rechte Knie schaute und versuchte, deren Funktion zu verbessern, dann stellten sich bei der rechten Hand und dem rechten Knie Verbesserungen ein, d.h. die rechte Hand konnte etwas länger den Griff beim Drehen halten und das rechte Knie kam schneller in die mittlere symmetrische Position. Mittels der visuellen Realisation des Bewegungsdefizits und der Intention zur Bewegungsverbesserung konnte die koordinierte Bewegung verbessert werden.

zusätzlich visuellen Input von der gespiegelten Bewegung, d.h. um 180° versetzt zur nicht gespiegelten Bewegung. Die prämotorischen Oszillatoren, die zwei um 180° versetzte Aktivierungsphasen haben, bekommen nun in beiden Aktivierungsphasen afferenten Input. Beim Bewegen vor dem Spiegel kann also der Patient nicht nur seine Bewegung korrigieren, sondern er bekommt zusätzlich bewegungsinduzierten reafferenten Input in Phase (das direkte Sehen der rhythmischen Bewegung) und in Gegenphase (das gleichzeitige Sehen der Bewegung des Spiegelbildes), so dass die Oszillatoren, welche bei der Bewegung aktiviert und organisiert wurden, während beider Aktivierungsphasen Input erhalten. Diesen zusätzlichen Input empfindet der Patient mit ZNS-Verletzung als ein erleichtertes Bewegen.

Stärkere Oszillatorkopplung bei der Mitbewegung

Die Mitbewegung in Phase *(Abb. 35)* oder in Gegenphase *(Abb. 83)* lässt sich mittels der Oszillatoren auch gut verstehen. Bei einer Hemiparese werden auf der paretischen Seite die verminderten deszendierenden Impulsmuster teilweise kompensiert durch eine stärkere Rechts-Links-Kopplung der Oszillatoren. Der auf Millisekunden genau in Phase (synchronisierte) oder in Gegenphase afferente Input koppelt im selbstorganisierten Bewegungsgenerator die selbstorganisierten Oszillatoren mittels des Koinzidenzprinzips stärker, so dass auf der paretischen Körperhälfte die Motoneurone als Teil der Oszillatoren und damit die Muskelfasern stärker erregt werden und somit der Arm oder das Bein stärker bewegt werden. In Phase und in Gegenphase Mitbewegung ist möglich, da die prämotorischen Oszillatoren zwei um 180° versetzte Aktivierungsphasen besitzen.

Relative Frequenz- und Phasenkoordination beim Bewegen auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät und beim Geigespielen

3. Das Verständnis von der relativen Koordination auf makroskopischer Ebene wurde benutzt beim makroskopischen Wiedererlernen von Frequenz- (relativer Koordinationsparameter) und Phasenkoordination (absoluter Koordinationsparameter). Wenn sich beispielsweise der Patient auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät bewegt, dann sind die Arm- und Beinbewegungen auf Millisekunden genau durch das Instrument koordiniert. Das Erlernen der Phasenkoordination (absoluter Koordinationsparameter) ergibt sich aus dem bewussten und unbewussten Anpassen an das Gerät. Deswegen muss erstens das Gerät extrem genau die Koordination vorgeben (Lager und Übertragungen im Gerät dürfen kein «Spiel» haben), und zweitens müssen Hände und Füsse gut am Gerät befestigt werden, damit die auf Millisekunden genaue Koordination über die Aktivität der Haut-, Gelenk-, Muskelspindel- und anderer Afferenzen auch auf die neuronalen Netzwerke des ZNS übertragen werden kann. Der Autor konnte sogar zeigen, dass Aktivitäten der sekundären Muskelspindelafferenzen vorübergehend ein Teil der selbstorganisierten prämotorischen Oszillatoren werden können *(Abb. 53)*. Das Wiedererlernen der Frequenzkoordination (relativer Koordinationsparameter) ergibt sich durch die Verbesserung der Rhythmizität während des Drehens. Je rhythmischer der Patient wieder drehen kann, desto mehr hat er die makroskopische Frequenz- (und Phasen-)Koordination wieder erlernt. Dies bedeutet, dass auch die Neurone und die Neuron-Ensembles (z.B. prämotorische Oszillatoren) über die Regelschleifen mittels Afferenzen und Efferenzen ihr räumlich-zeitlich koordiniertes Feuern verbessert haben. In Abbildung 90 konnte der Autor messen, dass sich Patienten immer weniger rhythmisch (frequenzstabil) bewegen, je stärker sich ihre ZNS-Verletzung (Beeinträchtigung von Frequenz- und Phasenkoordination) noch auswirkte. Aber Frequenz- und Phasenkoordination kann teilweise auch beim Musizieren geübt werden. Beim Geigespielen etwa wird meist beim Gesunden auch Frequenz- und Phasenkoordination geübt. Die Phasenkoordination wird geübt in den Fingerstellungen: Erste Lage auf der E-Seite (von oben nach unten gesehen) = F-G-A-H und zum Beispiel dritte Lage auf der E-Seite = G-A-H-C. Beim Wechsel der Lagen (der Fingerstellungen) wird die Phasenkoordination der Finger geübt. Aber bei der Qualität des Lagenwechsels, nämlich schnell, leicht, ohne Rucken, reibungslos, sanft und sachte, wird die Frequenzkoordination geübt. Es kann also genaue Frequenz- und Phasenkoordination zu einem gewissen Grade auch mit Musikinstrumenten geübt werden. Nur, eine objektivierbare Diagnostik der Koordinationsdynamik *(Abb. 90)* kann man mit Musikinstrumenten bisher nicht vornehmen. Der Patient der *Abb. 84* mit einer Hemiparese rechts aufgrund eines Schlaganfalles beherrscht zwar die Frequenz- und Phasenkoordination in der linken Hand und mit dem linken Arm (Lagen und Lagenübergänge), aber er kann den Geigenbogen noch nicht richtig halten und bewegen aufgrund der Hemiparese. Aber das Wieder-Geige-Spielen ist für ihn als Musiker sehr wichtig im Rahmen einer Koordinationsdynamik-Therapie, weil…

1. …er dabei ein alteingelerntes Bewegungsmuster übt,
2. …der Patient eine extrem genaue Rechts-Links-Koordination trainiert,
3. …wahrscheinlich das Musizieren sehr integrativ gespeichert ist und sich so eine sehr integrative Aktivierung des ZNS einstellt, was für eine funktionelle Reorganisation des ZNS günstig ist und
4. …der Patient die Ausführung seiner Bewegung sehr gut einschätzen und kontrollieren kann über sein geschultes Gehör. In der Tat macht dieser Patient grosse Fortschritte bei der funktionellen Reorganisation seines ZNS.

Abb. 84: **Bekannter Geigenspieler beim Geigespielen vier Jahre nach einem Schlaganfall mit einer Hemiparese rechts.**

Anmerkung zu Abb.84: Nach anfänglicher Plegie, schafft er es nach 4 Jahren, wieder den Geigenstock zu halten, aber nur mit der Hand und nicht mit den Fingern. Die Qualität des Musikstückes ist noch sehr niedrig, da noch fast jegliche Kontrolle und Koordination zum rechten Arm und der rechten Hand fehlen.

Koordinierte Arm- und Beinbewegungen zur Reorganisation des ZNS

Es war schon im theoretischen Teil angesprochen worden, dass zur Erhöhung der Wiedererlern-Rate von Frequenz- und Phasenkoordination und Bewegungen die koordinierten Bewegungen möglichst integrativ ausgeführt werden sollten. Speziell die Wichtigkeit der koordinierten Bewegungen der vier Gliedmassen soll hier hervorgehoben werden. Es ist bekannt, dass bei einer einseitigen Hemiparese (z.B. nach einem Schlaganfall oder einer Zerebralparese von Geburt) meist das Bein weniger stark betroffen ist als der Arm und die Hand. Dies liegt daran, dass das Gehirn mehr Zugriff zu Arm und Hand hat (für gezielte Bewegungen mit Feinkontrolle) als zu Bein und Fuss, so dass nach einer Hirnverletzung dann auch Hand und Arm mehr betroffen sind bei einer pathologischen Aktivierung. Die Beine sind mehr in die Automatismen für die zweibeinige Fortbewegung (Gehen, Rennen) integriert. Bei ihnen wirkt sich die pathologische Willküraktivierung weniger stark aus.

Werden nun nur die Beine alleine bewegt, so lernt das Gehirn weniger, als wenn koordinierte

Arm- und Beinbewegungen ausgeführt werden, da die mehr automatischen (im Rückenmark relativ fest eingebauten) Beinbewegungen weniger Willküraktivierung vom Gehirn benötigen. Werden dagegen vom Patienten koordinierte Arm- und Beinbewegungen ausgeführt, so wird einerseits im Gehirn viel Anlass zur funktionellen Reorganisation gegeben, weil eine starke Kommunikation zwischen Gehirn und Armen besteht; andererseits aber diktieren die Arm- und Beinbewegungen dem Gehirn die Anpassung und nicht umgedreht, weil die Beine stark im Schreitautomatismus oder Fluchtautomatismus (möglicherweise genetisch gestützt) fixiert sind. Über die koordinierten Arm- und Beinbewegungen kann daher das Gehirn mehr zum Umlernen (Anpassen) «gezwungen» werden, als wenn nur Arm- oder nur Beinbewegungen ausgeführt werden. Das Krabbeln ist daher auch therapeutisch sehr wichtig, sofern der Patient die paretische Hand auf den Boden bekommt. Auch muss die paretische Hand in Dorsalflexion geführt werden, was der spastischen Palmarflexion entgegenwirkt.

Dass das Gehirn unterschiedlich stark in die rhythmischen Bewegungen von Armen und Beinen eingreift, kann oft eindrucksvoll bei einer Extensorspastizität beobachtet werden. Dreht der Patient nur mit den Beinen oder nur mit den Armen auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät, dann zeigt sich wenig Extensorspastizität in den Beinen (z.B. keine starke Palmarflexion der Füsse). Dreht der Patient aber mit Armen und Beinen (oder wird gedreht), dann zeigt sich die Extensorspastizität in einer starken Palmarflexion, welche in den verletzten supraspinalen Zentren ausgelöst wurde. Koordinierte Arm- und Beinbewegungen können also viel stärker das verletzte ZNS funktionell reorganisieren als nur Arm- und Beinbewegungen alleine. Ein Fahrrad ist daher eben nur für die Fortbewegung und einen EKG-Belastungstest sehr geeignet, ist aber wenig geeignet für eine funktionelle Reorganisation des verletzten ZNS im Rahmen einer Lern-Therapie.

Ergebnisse

Erst-Koordinationsdynamik-Therapie

Drei Jungen *(Abb. 85 A;* zur Zeit des Unfalls 10, 12 und 14 Jahre alt) erlitten etwa zur gleichen Zeit eine schwere Hirnverletzung. Der 10 Jahre alte Benjamin und der 12 Jahre alte Mario wurden vom Auto überfahren, und der 14 Jahre alte Andrej stürzte vom Fahrrad. Bei den 10 und 14 Jahre alten Patienten wurde 5 Wochen respektive 2,5 Monate nach dem Unfall im Zustand des Wachkomas eine intensive Koordinationsdynamik-Therapie begonnen. Die beiden Patienten Benjamin und Andrej beendeten unerwartet früh das Koma und machten grosse Fortschritte beim

Abb. 85: **Drei Patienten mit einer etwa vergleichbar schweren traumatischen Hirnschädigung (10 Jahre alt (A links, Benjamin), 12 Jahre alt (A Mitte, im Rollstuhl, geschoben durch die Mutter, Mario) und 14 Jahre alt (A rechts, Andrej)) 7 bis 9 Monate nach dem Unfall.**

Wiedererlernen von motorischen und höheren geistigen Funktionen. Nach 3 bis 4 Monaten Therapie konnten sie wieder etwas rennen *(Abb. 85 B),* obwohl die Bewegungsabläufe noch sehr unphysiologisch waren. Der 12 Jahre alte Mario erhielt wegen verschiedener Komplikationen (einschliesslich einer Subarachnoidalblutung und Problemen mit nicht invasiv stabilisierten Knochenbrüchen) und vieler Infektionen keine intensive Koordinationsdynamik-Therapie, sondern nur konservative Physiotherapie. Der Patient erholte sich vom Koma 6 Monate nach dem Trauma statt nach 6 Wochen bzw. 2,5 Monaten. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich bei ihm bereits viele Fehlorganisationen im ZNS eingestellt. Er hatte starke Extensorspastizität *(Abb. 46 C* in «Physiotherapie 8/1999», S. 6), verkürzte Sehnen, Probleme mit verschiedenen Gelenken, viel Schmerz, einen ausgeprägten Greifreflex in der rechten Hand *(Abb. 46 A),* nahezu keine nützlichen Funktionen in den Beinen *(Abb. 85 E, F)* und in der linken Hand *(Abb. 85 D)* sowie sehr niedrige höhere geistige Funktionen. Mario musste von seiner

Anmerkung zu Abb. 85: Die beiden Patienten, die eine Koordinationsdynamik-Therapie für 6 Monate erhielten, können wieder gehen und rennen (B), und der dritte Patient, der diese frühzeitige Therapie nicht erhielt, wird im Rollstuhl transportiert (A) und muss vom Rollstuhl zum Therapiegerät getragen werden (C). Der 12 Jahre alte Mario hat statt sinnvoller Bewegungen (z.B. Gehen) Fehlorganisationen im ZNS, z.B. mit der Konsequenz von Fehlstellungen in der linken Hand (D, E) und Suppinationsstellung speziell des linken Fusses (E, F).

Mutter zur Therapie getragen werden *(Abb. 85 C).* Aber er wollte sich auch gar nicht bewegen; seine Mutter sollte alles für ihn und mit ihm tun. Es war ihm nicht verständlich zu machen, dass er trainieren müsse, um seinen Zustand zu verbessern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die zwei von den drei vergleichbaren Patienten, die eine Erst-Koordinationsdynamik-Therapie erhielten, nach 7 bis 9 Monaten nach dem Unfall wieder gehen und rennen konnten *(Abb. 85 A, B),* während der dritte Patient, der anfänglich keine Koordinationsdynamik-Therapie erhielt, noch zur Therapie getragen *(Abb. 85 C)* und im Rollstuhl

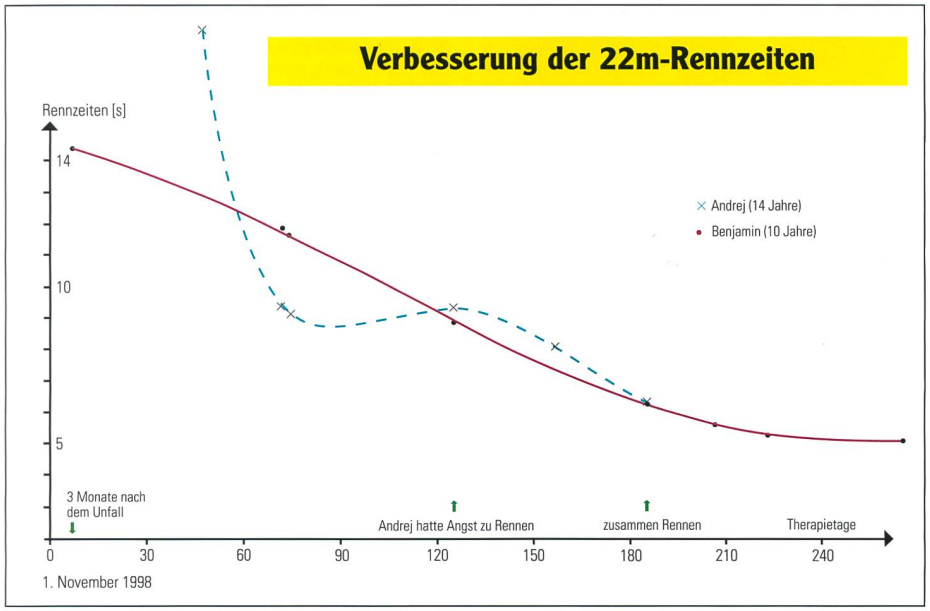

Abb. 86: **Verbesserung der 22-m-Rennzeiten des 10 Jahre alten Benjamin (Hirnverletzung durch Autounfall) und des 14 Jahre alten Andrej (Hirnverletzung durch Fahrradunfall). Die Rennzeiten von Andrej stiegen vorübergehend nicht, da er einmal stürzte und anschliessend Angst hatte, wieder zu fallen.**

gefahren werden musste *(Abb. 85 A)*. Es werden nun die beiden Patienten, die die Erst-Koordinationsdynamik-Therapie erhielten, zusammenfassend vorgestellt und dann der dritte Patient ohne Erst-Koordinationsdynamik-Therapie in der «verpass(tz)ten Erst-Therapie» behandelt.

Der 10 Jahre alte Benjamin wurde während des Spielens auf der Strasse von einem Auto erfasst und erlitt eine schwere Hirnverletzung neben anderen Verletzungen. Eine intensive Koordinationsdynamik-Therapie wurde fünf Wochen nach dem Unfall im Wachkoma begonnen. Sein Hauptproblem war die Hemiparese links. Unter der Therapie erwachte er aus dem Koma, und Bewegungsfunktionen kehrten zurück *(siehe Abb. 37, 44, 45 [9])*. Drei Monate nach dem Unfall konnte er wieder etwas rennen. Seine Zeiten für das Rennen über eine Distanz von 22 m verbesserten sich kontinuierlich während 8 Monaten von 14 auf 5 Sekunden *(Abb. 86)*. Vier Monate nach dem Unfall konnte er mit Hilfe etwas auf dem Sprungbrett in Gegen-Phase springen. Innerhalb von zwei Monaten verlängerte er seine Sprungserien auf über 250 Sprünge pro Serie *(Abb. 87)*. Fünf Monate nach dem Unfall wurde seine Therapie zu Hause fortgesetzt. Obwohl Priorität auf die motorischen Funktionen gelegt wurde, geht Benjamin jetzt wieder zur Schule in seine alte Klasse und kommt gut zurecht. Die Strategie, nämlich dass vor einem Zur-Schule-Gehen erst die wesentlichen motorischen Funktionen wieder erlernt werden müssen, erwies sich in seinem Fall als richtig. Denn mit dem Wiedererlernen der Hauptfunktionsstrukturen des ZNS verbesserte sich auch sein Kurzzeitgedächtnis, was für ein erfolgreiches Lernen in der Schule wesentlich war.

Fünfzehn Monate nach dem Unfall konnte Benjamin auch mit der vormals paretischen Hand Seiten in einem Journal umblättern *(Abb. 88 A)*. Benjamin scheint nicht mehr weit weg zu sein vom Gesundheitszustand eines normalen Kindes, obwohl er sich manchmal beklagt, dass er bei einer Veranstaltung das einzige behinderte Kind unter all den gesunden Kindern war. Mit zwei Stunden intensiver Koordinationsdynamik-Therapie pro Tag wird er vielleicht in ein paar Jahren von seiner Verletzung im Wesentlichen wieder geheilt sein. Obwohl sich Benjamin fast physiologisch bewegen kann, wenn er sich auf die Bewegungen konzentriert, so bewegt er sich oft noch so, als wäre er noch paretisch und spastisch auf der linken Seite. Entweder sind die Fehlorganisationen seines ZNS seit dem Unfall noch relativ stark als Attraktorzustände vorhanden und er benutzt sie jetzt als Angewohnheit, oder sein ZNS holt etwas die Kindesentwicklung nach, bei der das ZNS pathologische Zustände ausprobiert (in Anlogie, dass Kinder Tick-Bewegungen ausführen, z.B. zu viel Augenzwinkern). Bei ideopathischen Skoliosen war auch beobachtet worden, dass eine Bistabilität bestand zwischen den Attraktorzuständen physiologische und skoliotische Haltung. Mit verstärkten Krabbelübungen (Automatismus der Kindesentwicklung, Hand in Dorsalflexion) soll jetzt der unwillkürlichen Palmarflexion weiter begegnet werden. Die an Heilung grenzenden Fortschritte konnten bei Benjamin erzielt werden, weil die Trias der Neurorehabilitation, nämlich effiziente wirksame Therapiemethode, motivierte Therapeuten und motivierter Patient, erfüllt war.

Mittels des speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerätes konnte 15 Monate nach dem Unfall jedoch gemessen werden, dass die physiologische Koordinationsdynamik noch immer nicht wieder erreicht worden war. Die Koordinationsdynamik-Diagnostik zeigt *(Abb. 88 B, 90 C)*, dass beim Wechsel von der In-Phase-Koordination zur Gegen-Phase-Bewegung noch immer erhebliche Koordinationsprobleme im ZNS beim jetzt 11-jährigen Benjamin im Vergleich zu seinem gesunden Bruder *(Abb. 90 B)* oder einer anderen gesunden Person bestanden *(Abb. 90 A;* Autor).

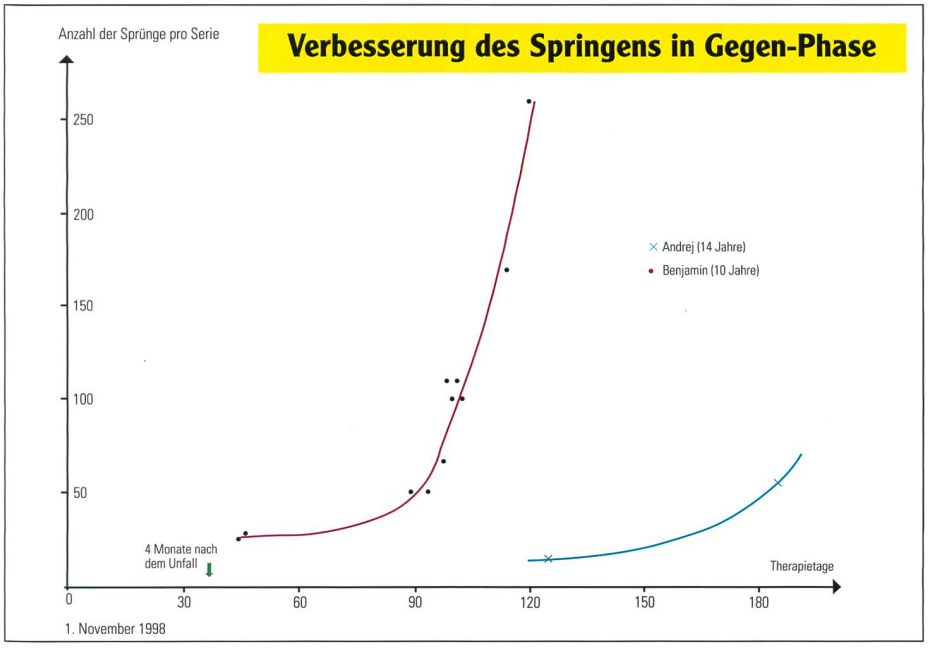

Abb. 87: **Verlängerung der Sprungserien in Gegen-Phase beim 10 Jahre alten Benjamin mit voranschreitender Therapie. Die Mittelwerte der ersten drei Sprungserien sind aufgetragen.**

Anmerkung zu Abb. 87: Der Beginn des Springens des 14 Jahre alten Andrej ist ebenfalls aufgetragen. Man beachte, dass bei beiden Patienten das Rennen (Abb. 86) früher ausgeführt werden konnte als das Springen, was andeutet, dass das Rennen mehr im Rückenmark angelegt ist als das Springen auf dem Sprungbrett.

Die einfachen Koordinationen (Passgang, Kreuzgang) konnte das ZNS von Benjamin leicht erzeugen, die komplizierten Koordinationen (Übergangskoordinationen zwischen Passgang und Kreuzgang) noch nicht.

21 Monate nach dem Unfall kann Benjamin sich physiologisch bewegen, wenn er sich auf die Bewegungen konzentriert. Bei Nichtkonzentration nimmt er aber noch immer oft die spastisch ähnlichen Haltungen der früheren Hemiparese ein. Theoretisch interessant sind seine Krabbelbewegungen. Krabbelt er sehr schnell, dann krabbelt er in Passgangstellung. Wenn er sich konzentriert und sich langsam bewegt, dann kann er auch in Kreuzgangstellung krabbeln. Krabbelt er beginnend in Kreuzgangstellung und erhöht dann die Krabbelgeschwindigkeit, dann wechselt er unwillkürlich in die Passgangstellung. Ein Kind kann während der Entwicklung auch zuerst besser in der einfacheren Passgangstellung krabbeln. Als wenn Benjamin ein wenig die Kindesentwicklung *(Abb. 16)* nachholt. In früheren Falldarstellungen war schon auf Ähnlichkeiten zwischen der Kindesentwicklung und der funktionellen Reorganisation hingewiesen worden. Weiterhin ist bei Benjamin interessant, dass bei steigender Krabbelfrequenz (steigender Geschwindigkeit) er von der schwereren Kreuzgangstellung automatisch zur einfachen Passgangstellung wechselt. Sein ZNS nahm bei der Organisation der koordinierten Krabbelbewegung mit steigender Frequenz einen Phasenübergang vor. Zanone, Kelso und Schöner [3, 4] bestimmten die Änderung der inneren koordinativen Tendenzen des ZNS, einschliesslich des Phasenüberganges von der schwereren Gegen-Phase-Bewegung zur einfacheren In-Phase-Bewegung, während des Lernens einer bimanuellen Koordinationsaufgabe, mittels einer relativen Phase φ (kollektive Variable) (siehe oben). Auch bei den Krabbelbewegungen könnte eine geeignete relative Phase zwischen den Gliedmassen gefunden werden als kollektive Variable und so dann die Organisation des ZNS während des Wiedererlernens des Krabbelns untersucht werden. Aber die Messung der Organisation des ZNS kann einfacher und vielseitiger (bei allen Patienten möglich) beim Wiedererlernen von Bewegungen mittels des speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerätes *(Abb. 80, 83)* vorgenommen werden.

Weiterhin war der Start des Krabbelns in Kreuzgangstellung interessant bei Benjamin. Bei der Konzentration auf die kommende Bewegung vergass er, sich auf die linke, vormals paretische Hand zu konzentrieren, welche nicht den Boden berührte, und die Hand ging in leichte spastikähnliche Haltung, also nicht in eine Vorbereitungsstellung für die kommende Bewegung

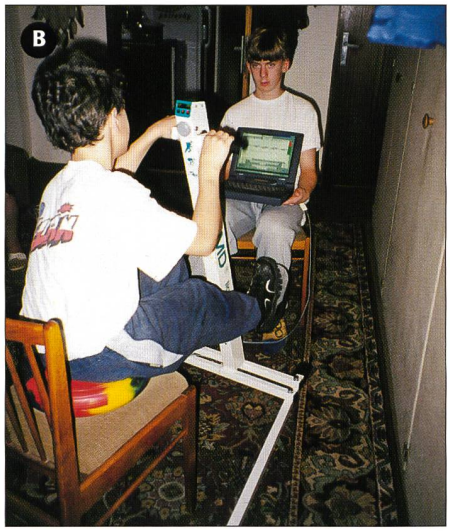

Abb. 88: **A. Der jetzt 11 Jahre alte Benjamin beim Seitenumblättern eines Journals mit der «schlechten» Hand. B. Beim Messen der Koordinationsdynamik.**

(dieser Automatismus fehlt ihm offensichtlich noch). Aber in dem Moment, in dem der Krabbelautomatismus startete, ging auch die vormals paretische Hand in die richtige flache Handstellung, und die Handfläche berührte den Boden. Ein Jahr vorher konnte Benjamin auch schon schnell krabbeln, aber die paretische Hand wurde beim Krabbeln noch nicht richtig geführt. Beim Trainieren hauptsächlich auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät hatte es also auch einen Lerntransfer zum Krabbelautomatismus gegeben, obwohl die flache Handhaltung nicht direkt trainiert wurde. Das nahezu korrekte Krabbeln, einschliesslich der Bodenberührung mittels der Handflächen, könnte bei der funktionellen Reorganisation von Bedeutung sein, weil manchmal zu beobachten ist, dass schwere Spastik und Klonus im Arm- und Handbereich reduziert werden können, wenn die Hände beim Aufstehen und Gehen gehalten werden, also das ZNS afferenten Input von allen vier Gliedmassen bekommt. Im Rahmen der Chaos-Theorie [11] findet der Übergang von einem Bewegungszustand zu einem anderen über das deterministische Chaos statt. Zusammengesetzte Bewegungszustände (wie z.B. das Krabbeln) stellen sich als eine Art Baum- oder Domain-Struktur von Einzelbewegungszuständen dar. Mit der integrativ ausgeführten Koordinationsdynamik-Therapie war es demnach also möglich, den Subzustand (Handhaltung) in der Gesamtbewegung zu verbessern.

Anmerkung zu Abb. 88 B: Der Bruder hält den Computer; rhythmisch wechselnde gute und schlechte Organisation des ZNS sind, quantifiziert mittels der gut (kleine Variabilität der Geschwindigkeit) und schlecht ausgeführten Rhythmizität (grosse Variabilität der Drehgeschwindigkeit), auf dem Display zu erkennen.

Der 14 Jahre alte Andrej *(Abb. 85 A, B, 89)* fuhr mit dem Fahrrad einen steilen Hang hinunter, stürzte, fiel auf den Kopf und verlor das Bewusstsein. Er erlitt viele Verletzungen einschliesslich einer Lungenkontusion, Obstruktion der Atemwege, verursacht durch Gesichts- und Mandibular-Verletzungen (Tracheotomie), und Hirnverletzungen im Bereich des rechten Thalamus, der fronto-parietalen Region rechts, der fronto-periventrikularen rechts und der linken Basalganglia. Das Koma und Wachkoma dauerten 2,5 Monate, d.h. 6 Wochen länger als beim 10 Jahre alten Benjamin, bei dem die Therapie früher begonnen wurde.

Die Koordinationsdynamik-Therapie wurde 2,5 Monate nach dem Unfall in der letzten Phase des Wachkomas begonnen. Als der Autor den Patienten zum ersten Mal sah, war der Patient aggressiv, und auch der Autor dachte, dass es hoffnungslos wäre zu versuchen, das verletzte ZNS zu «reparieren», weil der Patient kaum eine koordinierte Bewegung ausführen konnte und auch das Sprechen stark beeinträchtigt war. Da aber die Eltern Hilfe wollten, riet der Autor ihnen, eine Koordinationsdynamik-Therapie einschliesslich der Benutzung des speziellen Koordinationsdynamik-Therpiegerätes und des Laufbandes zu beginnen. Zu Beginn musste der Patient vom Bett und vom Rollstuhl zu den Trainingsgeräten getragen werden. Der Fortschritt bei der Reorganisation war anfangs langsam. Aber mit der Verbesserung der motorischen Funktionen und der vegetativen Funktionen (das extrem starke Schwitzen der Hände reduzierte sich) verbesserten sich auch die höheren geistigen Funktionen. Der Patient entwickelte jetzt eine starke Motivation für ein hartes Training, um wieder gesund zu werden. Der Patient begann den Autor zu mögen und konnte sich nicht mehr daran erinnern, dass er zu Beginn der Therapie aggressiv zu ihm war. Es erscheint daher, dass mit der Verbesserung der integrativen Funktionen das ZNS begann, auf einer höheren Stufe zu arbeiten. Nach vier Monaten Therapie konnte der Patient besser rennen als gehen. Nachdem der Patient einmal beim Rennen gefallen war, hatte er Angst und konnte

anschliessend vorübergehend nicht mehr so gut und schnell rennen *(Abb. 86)*. Einige Virusinfektionen behinderten auch den Fortschritt bei der Therapie. Die Therapie schloss auch Krabbeln, Kriechen und Aufrichtungsbewegungen (in Ähnlichkeit zur Kindesentwicklung) ein. Obwohl das Krabbeln geeignet ist für die Koordinationsdynamik-Therapie, so war das Krabbeln in diesem Fall doch wenig geeignet, da der Patient mit der paretischen spastischen Hand nicht den Boden erreichen und koordinierte Krabbelbewegungen gar nicht ausführen konnte *(Abb. 89 F)*. Das Trainieren auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät in liegender Stellung war mit Hilfe eines Therapeuten immer möglich.

Die Verbesserung der Organisation des ZNS konnte klinisch beim Patienten nicht nur durch Rennen *(Abb. 89 E, 86)*, Gehen und Springen *(Abb. 87)* begutachtet werden, sondern auch durch die Palmarflexion der paretischen spastischen rechten Hand *(Abb. 89 B, C, D)*. Beim Händegeben blieb nach sechs Monaten Therapie die Hand noch in Palmarflexion *(Abb. 89 B)*. Nach sieben Monaten hatte sich die Palmarflexion schon verringert *(Abb. 89 C)* und nach achtmonatiger Therapie war es möglich, eine Nicht-Palmarflexion zu erreichen *(Abb. 89 D)*. Nach einem Wechsel zur konservativen Therapie für zwei Monate stellte sich wieder eine Palmarflexion ein *(Abb. 89 G)*; auch andere Bewegungsfunktionen verschlechterten sich.

Interessant ist, dass bei einem Abschiedsfoto der Patient Andrej die rechte Hand nicht palmar flektierte *(Abb. 89 A)*, obwohl der Patient zur gleichen Zeit beim Händeschütteln die Hand noch palmar flektierte *(Abb. 89 C)*. Der emotionale Zustand Abschied reduzierte die Spastik, die durch die Koordinationsdynamik-Therapie erst einen Monat später erreicht wurde. Dies bedeutet nicht, dass nun Gefühls-ZNS-Netzwerkzustände für eine funktionelle Reorganisation des verletzten ZNS besonders geeignet wären. Wärme reduziert beispielsweise meist auch Spastik, aber deswegen kann mit der Wärmeapplikation nicht das ZNS essenziell reorganisiert werden. Paramedizinische Methoden wollen oft glauben machen, dass man durch eine Beeinflussung des ZNS mit einer Massnahme auch schon das ZNS nach einer schweren Verletzung entscheidend funktionell reorganisieren kann.

Die direkte Messung der Koordinationsdynamik beim Patienten Andrej ergab, dass 17 Monate nach Unfall (Abb. 90 D) noch schwere Koordinationsdynamik-Organisationsdefizite bestanden. Die leichten Koordinationen Passgang und Kreuzgang schaffte er weniger gut als der Patient Benjamin, und bei den schweren Koordinationen (Übergänge von Kreuzgang zu Passgang) war der willkürliche Antrieb schwankender als bei Benjamin. Die Koordinationsdynamik bei Andrej *(Abb. 90 D)* war also schlechter als bei Benjamin *(Abb. 90 C)*, in Übereinstimmung mit den schlechteren Bewegungsfunktionen. Die direkte Messung der Koordinationsdynamik bei Patienten erweist sich damit als zusätzliches Diagnostikmittel.

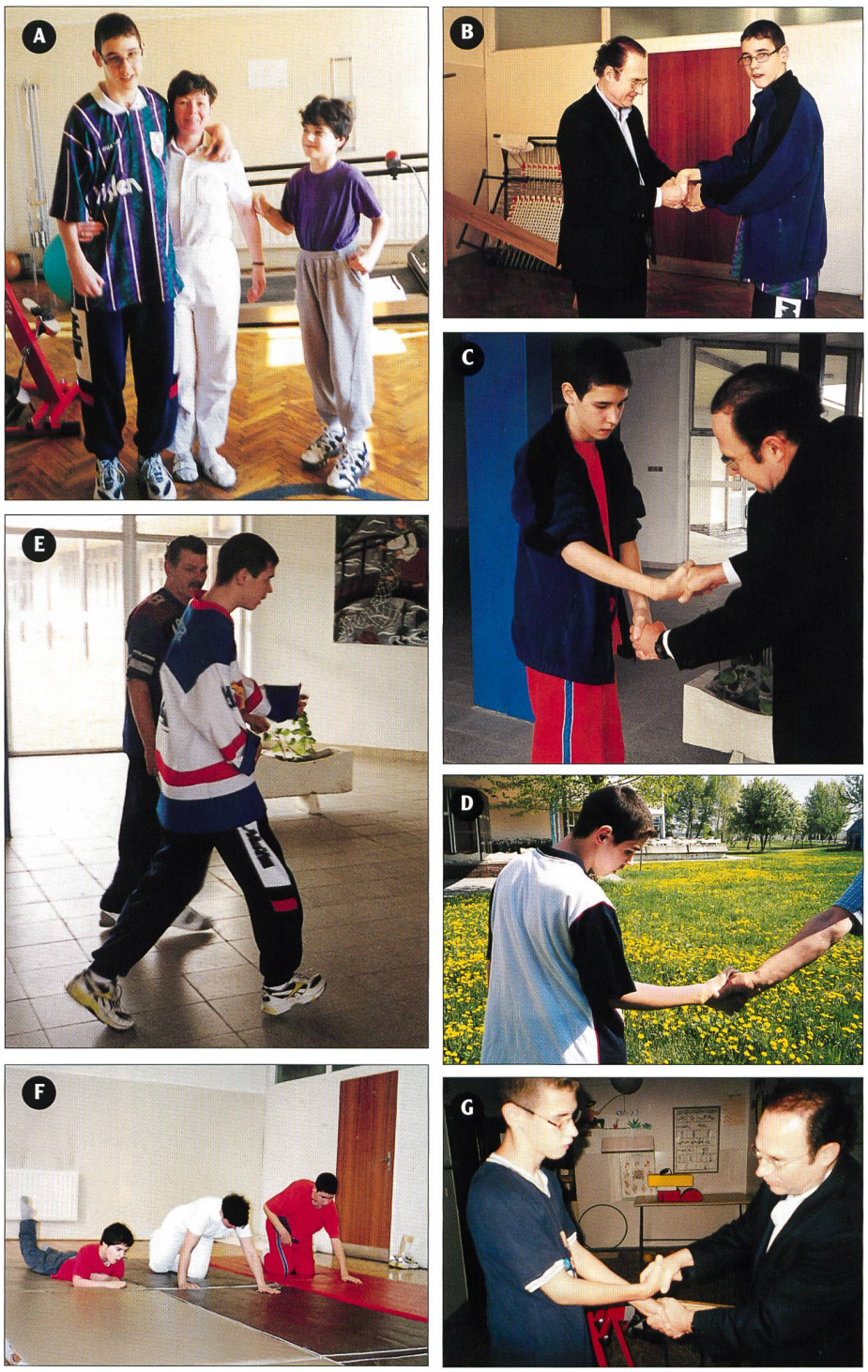

Abb. 89: **A. Abschiedsfoto nach 6-monatiger Therapie. Links im Bild der grosse 14 Jahre alte Andrej, dann die Physiotherapeutin und rechts der 10 Jahre alte Benjamin. Der Patient Andrej hat die rechte «schlechte» Hand nicht in spastischer Haltung. B, C, D. Händeschütteln des Patienten Andrej mit dem Autor und dem Vater nach 6 (B), 7 (C) und 8 (D, einen Monat nach A) Monaten Therapie. Man beachte die reduzierte Palmarflexion in C gegenüber B; keine Palmarflexion in D. E. Patient beim Rennen. F. Andrej (rechts) beim Krabbeln. G. Wiederauftreten einer leichten Palmarflexion beim Patienten Andrej ein Jahr nach dem Unfall, als für zwei Monate die Koordinationsdynamik-Therapie durch konservative Therapie ersetzt wurde.**

Verpass(tz)te Frühkoordinationsdynamik-Therapie

Der 12 Jahre alte Mario wurde beim Fahrradfahren vom Auto überfahren. Er erlitt viele Knochenbrüche und eine schwere Hirnverletzung. Sieben Monate nach dem Unfall wurde mit einer Koordinationsdynamik-Therapie begonnen.

Da der Patient wenig kooperativ war und auch aus organisatorischen Gründen notwendige Therapiegeräte nicht zur Verfügung standen, war seine Prognose sehr schlecht. Um den Patienten aber nicht nur als Kontrollpatienten zu benutzen, fanden sich kleinere Geldgeber, so dass Geräte bereitstanden, um wenigstens dem Patienten und der Mutter etwas Hoffnung zu geben. Die sich eingestellte Fehlorganisationen des ZNS *(Abb. 85 D, E, F)* behinderten und erschwerten die Therapie, machten sie aber nicht unmöglich. Das Gehen auf dem Laufband war anfangs für alle Beteiligten sehr belastend *(Abb. 91 A bis C)*. Der Patient heulte, wahrscheinlich hauptsächlich aus Angst. Später, als sein geistiges Niveau gestiegen war, erzählte er dann seiner Mutter, dass er wirklich aus Angst geheult hatte. Aber Physiotherapeutin, behandelnde Ärztin, Mutter und Autor *(Abb. 91 A bis C)* waren alle der Meinung, dass der Patient Mario hart trainieren müsse, um die Funktionen seines ZNS zu verbessern und dass man ihm keinen Gefallen tun würde auf lange Sicht, wenn man ihn nicht hart trainieren liesse. Auf dem Koordinationsdynamik-Therapiegerät heulte er auch öfters, wenn er mit der Mutter alleine war und ihm das Trainieren zu anstrengend wurde. Darum ist es manchmal besser, wenn die Eltern nicht immer bei der Therapie dabei sind, damit sich die Patienten mehr anstrengen müssen und nicht gleich anfangen zu heulen, um der anstrengenden Therapie zu entgehen.

Mit fortschreitender Therapie stellten sich wesentliche Funktionsverbesserungen im ZNS von Mario ein. Seine motorischen Funktionen verbesserten sich so weit, so dass er jetzt selbst im Sitzen auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät *(Abb. 91 D, E)* trainieren konnte. Wenn die linke «schlechte» Hand nicht mit einer Binde befestigt war, dann rutschte sie oft vom Griff *(Abb. 91 E)*. Ein Stützen der Hand und des Handgelenkes erhöhte zwar die Anzahl der Umdrehungen, löste aber keine Mitbewegung aus *(Abb. 91 F)*. Beim Führen beider Hände *(Abb. 91 G)* wird zusätzlich etwas Mitbewegung durch den zusätzlichen beidseitigen afferenten Input der Handberührung ausgelöst. Durch gleichzeitiges rhythmisches Lesen der Zahlen koordiniert mit den rhythmischen Bewegungen *(Abb. 91 H)* konnte gleichzeitig etwas die Sprache trainiert und die Integrativität der Koordinationsdynamik-Therapie erhöht werden. Nach etwa sechs Monaten Therapie (13 Monate nach dem Unfall) zeigten sich auch wesentliche Verbesserungen in den höheren geistigen Funktionen. Der Patient erkannte jetzt den Sinn der Therapie und wollte auch besser werden. Auf Aufforderung zeigte er die geballten Fäuste *(Abb. 91 I)*. Die linke «schlechte» Hand schaffte die geballte Faust noch nicht. Die Entscheidung, mit dem Patienten eine intensive Therapie zu beginnen *(Abb. 91 A bis C)*, hatte sich in diesem Fall als richtig erwiesen. 15 Monate nach dem Unfall konnte der Patient mit Hilfe etwas gehen *(Abb. 92 A, F, G)*. Das starke Heben des rechten «guten» Beines legt eine Aktivierung des Schreitautomatismus nahe *(Abb. 92 A)*. Das Gehen auf dem Laufband bei niedriger Geschwindigkeit ist jetzt möglich mit Hilfestellung durch den Bruder und der Mutter und ohne Angst beim Patienten *(Abb. 92 B)*. Der Patient kann jetzt das Aufrichten ohne Hilfe üben *(Abb. 92 C)*; er kann bei einem Journal die Seiten umblättern *(Abb. 92 D)* und ebenfalls wieder etwas schreiben *(Abb. 92 E)*. Der Patient geht wieder in die alte Schule, aber 2 Klassen niedriger als seinem Alter entsprechend. Mit der Mathematik kommt er am besten zurecht. Auch der Patient Benjamin (siehe oben) fand sich in der Mathematik zuerst zurecht.

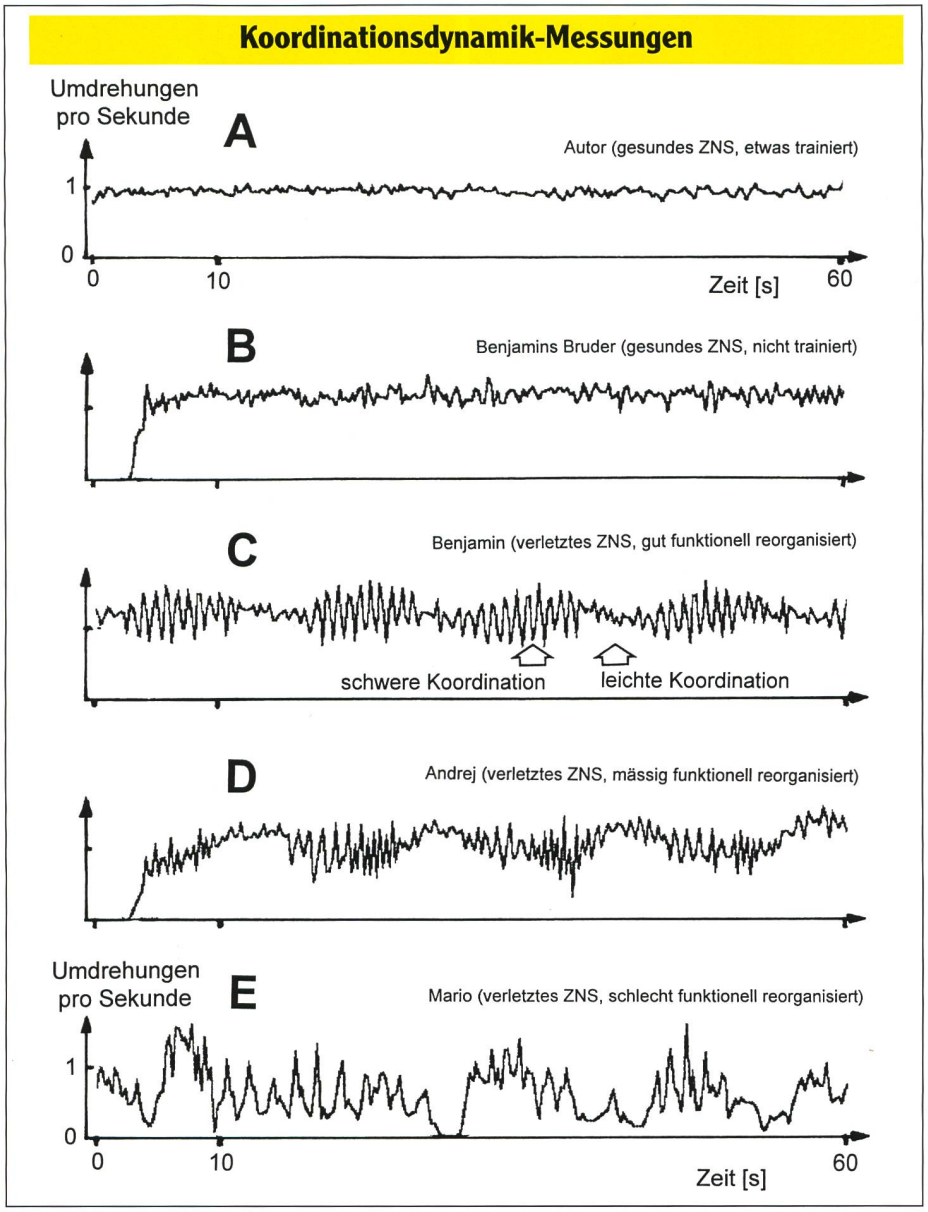

Abb. 90: **Messungen von physiologischer (A, B) und pathophysiologischer Koordinationsdynamik (C–E) mit Giger MD®-Messmethode.**

Anmerkungen zu Abb. 90: A. Leichte Koordinationen (Passgang, Kreugang) und schwere Koordinationen (Übergänge von Passgang zu Kreuzgang und zurück) werden von einer gesunden Person mit leicht trainierten ZNS ohne Einbussen bei der Rhythmizität bewerkstelligt. B. Eine Person mit einem nicht speziell trainierten ZNS schafft ebenfalls die leichten und die schweren Koordinationen zwischen Armen und Beinen etwa gleich gut. Die Variabilität in der Drehfrequenz gegenüber der Person mit dem trainierten ZNS (A) ist etwas grösser und etwa gleichmässig verteilt. C. Das verletzte trainierte ZNS schafft die leichten Koordinationen ohne Rhythmuseinbussen (kleine Rhythmusschwankungen) und die schweren Koordinationen (Übergänge Kreuzgang – Passgang) nur mit Rhythmizitäteinbussen (grosse Rhythmusschwankungen; Patient Benjamin). Die schlechte relative Frequenz- und Phasenkoordination der Neurone des ZNS wirkt sich also makroskopisch als Rhythmusschwankungen speziell bei den schweren Koordinationen aus. D. Bei noch schlechterer Koordinationsdynamik (Patient Andrej) stellt sich schon bei den leichten Koordinationen starke Rhythmusvariabilität ein, und der willkürliche Antrieb ist schwankend, so dass sich das typische Bild der sich rhythmisch wechselnden Variabilität des Rhythmus, bedingt durch den dauernden Wechsel von leichter zu schwerer Koordination und zurück (C), verändert. E. Bei sehr schlechter ZNS-Organisation wird das Drehen vollkommen unrhythmisch (Patient Mario). Das typische Bild der sich stetig wechselnden kleinen und grossen Rhythmusvariabilität ist damit fast ganz verloren gegangen.

Abb. 91: **Verzögert einsetzende intensive Koordinationsdynamik-Therapie beim 12-jährigen Mario.**

Obwohl die Suppinationsstellung des linken «schlechten» Fusses das Gehen behinderte, war das Gehen ohne Schuhe möglich *(Abb. 92 F)*. Aber mit Schuhen schienen das Gehen (und andere Bewegungen) einfacher zu sein *(Abb. 92 G)*. Der Schuh schien die physiologische Haltung des Fusses mehr zu verbessern als durch die gegebene mechanische Stabilisierung.

Obwohl beim hirnverletzten Patienten Mario eine intensive Koordinationsdynamik-Therapie erst 7 Monate nach dem Unfall begonnen wurde und die sich eingestellten vielen Fehlorganisationen des ZNS die Therapie erschwerten, so konnten auch verspätet noch entscheidende Fortschritte bei den motorischen und höheren geistigen Funktionen erzielt werden. Die optimistische Pose der Abb. 92 H, dass es nun aufwärts gehe, wurde vom Patienten spontan ohne Aufforderung eingenommen. Dies war eine befreiende Geste für die Therapeuten, die auch bei der anfänglichen Therapie *(Abb. 91 A bis C)* gelitten hatten.

Das anfängliche Argument, der Patient Mario hätte eben doch eine viel schwerere Verletzung des ZNS erlitten als die beiden anderen Patien-

Anmerkung zu Abb. 91: A, B, C. Patient Mario beim Training auf dem Laufband. In A werden die Füsse geführt, in B nicht. In C erholt sich der Patient von Stress und Angst. D bis H. Training auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät in sitzender Stellung. Der Patient kann zuerst den Griff mit der linken, leicht palmar flektierten «schlechten» Hand halten (D) und rutscht dann ab (E). Die Mutter hilft beim Halten des Griffes und versucht, die Palmarflexion zu verringern (F). Der Autor hilft symmetrisch beim Drehen, um Mitbewegung in Gegenphase in der linken Hand auszulösen, um so die Griffkraft ein wenig zu erhöhen (G). Mit festgebundener Hand kann der Patient alleine drehen (H); die Anzahl der Umdrehungen sieht er auf dem Computerdisplay (54) und kann ihn als visuellen rhythmischen Biofeedback benutzen (H). I. Patient versucht auf Aufforderung hin, die geballten Fäuste zu zeigen. Die Mutter versucht bei der linken «schlechten» Hand Hilfestellung zu geben.

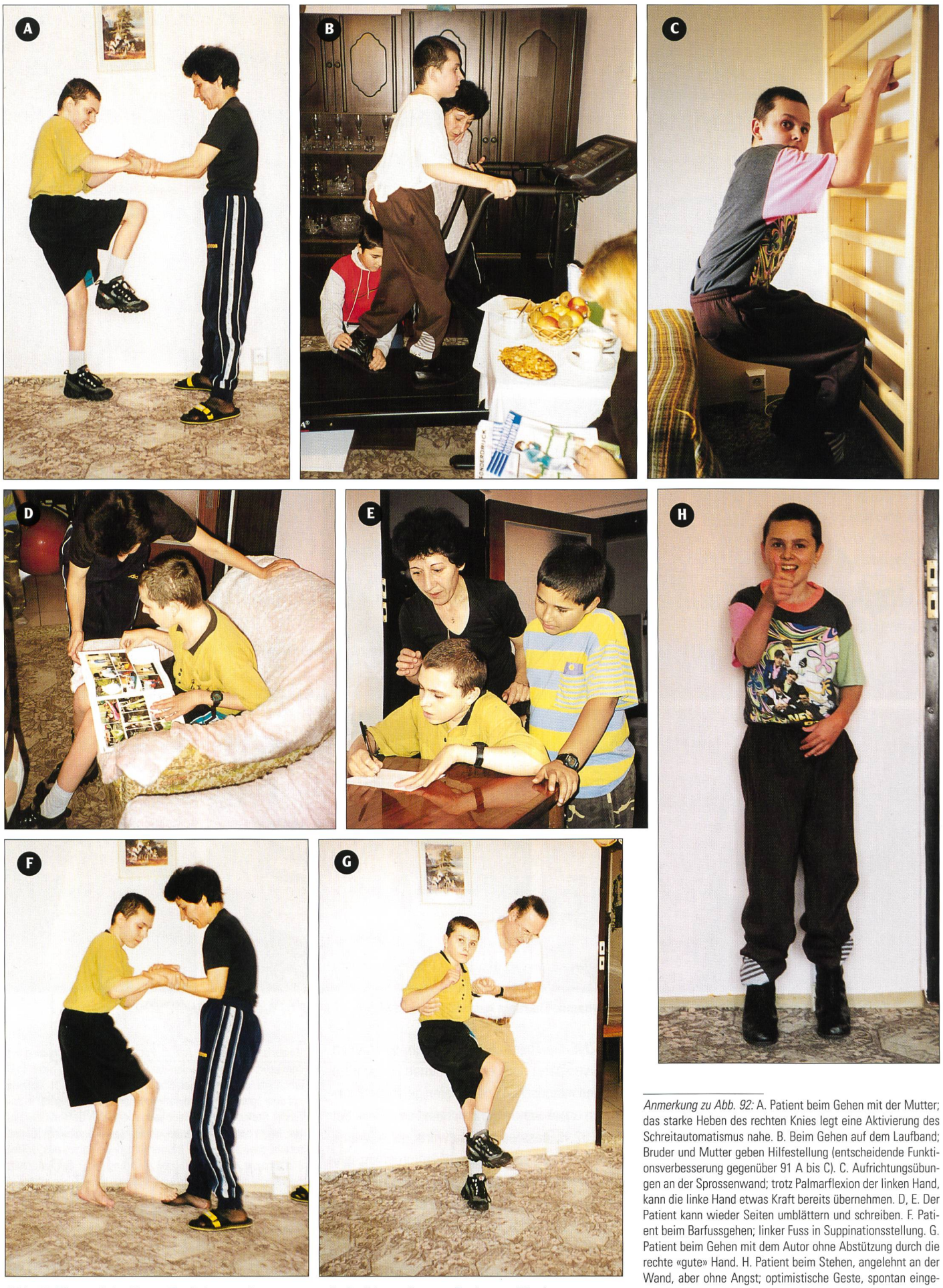

Abb. 92: **Therapiebedingte Funktionsverbesserungen beim hirnverletzten Patienten Mario.**

Anmerkung zu Abb. 92: A. Patient beim Gehen mit der Mutter; das starke Heben des rechten Knies legt eine Aktivierung des Schreitautomatismus nahe. B. Beim Gehen auf dem Laufband; Bruder und Mutter geben Hilfestellung (entscheidende Funktionsverbesserung gegenüber 91 A bis C). C. Aufrichtungsübungen an der Sprossenwand; trotz Palmarflexion der linken Hand, kann die linke Hand etwas Kraft bereits übernehmen. D, E. Der Patient kann wieder Seiten umblättern und schreiben. F. Patient beim Barfussgehen; linker Fuss in Suppinationsstellung. G. Patient beim Gehen mit dem Autor ohne Abstützung durch die rechte «gute» Hand. H. Patient beim Stehen, angelehnt an der Wand, aber ohne Angst; optimistische Geste, spontan eingenommen.

ten, so dass er gar nicht besser werden konnte, ist damit auch widerlegt. Bezüglich der motorischen und höheren geistigen Funktionen liegt der Patient Mario gegenüber dem Patienten Benjamin weit zurück. Auch die mittlere Koordinationsdynamik *(Abb. 90 E)* ist viel schlechter als die von Benjamin. Gegenüber Benjamin und Andrej schaffte Mario die leichten Koordinationen schlechter. Bei den schweren Übergangskoordinationen zwischen Passgang und Kreuzgang war die innere Koordinationsdynamik so schlecht, dass er öfters beim Drehen der Kurbeln stecken blieb, also die makroskopische koordinierte Bewegung nicht schaffte. Auch der Antrieb für eine versuchte, gleichmässige Bewegung war schwankend, in Übereinstimmung mit dem schlechten Konzentrationsvermögen (bei schweren Hirnverletzungen sehr häufig). Das klinische Bild und die Koordinationsdynamik-ZNS-Diagnostik decken sich also. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unbedingt eine Früh-Koordinationsdynamik-Therapie angestrebt werden sollte, damit sich im schwer verletzten Nervensystem nicht erst pathologische Organisationsformen des ZNS ausbilden (wie z.B. Spastik) oder nur in verminderter Ausprägung, und deren mechanische Konsequenzen wie verkürzte Sehnen und steife Gelenke sich nicht einstellen. Das verletzte ZNS sollte direkt in Richtung physiologische Funktionen reorganisiert werden und nicht erst über den Zwischenschritt pathologische Organisationsformen. Aber auch ohne eine Früh-Koordinationsdynamik-Therapie kann das verletzte und sich pathologisch organisierende ZNS zu einem späteren Zeitpunkt in seinen Funktionen entscheidend verbessert werden. Nur, die Spastik und die Fehlstellungen der Gliedmassen erschweren und verlängern die Therapie.

Diskussion

Anhand von drei Patienten mit schweren traumatischen Hirnverletzungen ist gezeigt worden, dass bei einer Erst-Koordinationsdynamik-Therapie über 15 Monate, die im Koma begonnen wird, derart entscheidende Verbesserungen in den Funktionen des ZNS erreicht wurden, so dass fast von Heilung gesprochen werden kann (Patient Benjamin). Bei verzögerter und nicht optimaler Therapie (Patient Andrej) sind die Fortschritte bei der Reorganisation des ZNS weniger gut. Bei nur konservativer Therapie kommt der Patient mit schwer verletztem ZNS nur sehr spät aus dem Koma und bekommt nur wenig nützliche Funktionen zurück (Patient Mario). Eine späte Koordinationsdynamik-Therapie kann dann aber trotzdem noch entscheidende Fortschritte bringen (Patient Mario). Es ist also immer noch Hoffnung, auch wenn die Früh-Therapie verpasst worden ist.

Therapiezeitfenster

In der Literatur geht man davon aus, dass ein Zeitfenster für die Erst-Therapie besteht [10]. Die hier vorgestellten Messungen schwächen das Argument des Zeitfensters für die Therapie ab. Schon bei den zerebral geschädigten Kindern war gezeigt worden, dass auch noch nach 18 Jahren entscheidende Fortschritte erzielt werden konnten [8, 9].

Fragwürdigkeit einer Botulinumtoxin-Therapie zur lokalen Spastik-Bekämpfung

Beim Patienten Benjamin wurden am wenigsten Pharmaka eingesetzt. Speziell auf das potente Gift Botulinum-Toxin zur lokalen Spastikbekämpfung wurde bei ihm auf Anraten des Autors verzichtet. Der Patient Andrej bekam Botulinum-Toxin zur lokalen Spastikbekämpfung. Botulinumtoxin-Moleküle blockieren permanent die Rezeptoren der postsynaptischen Membran der motorischen Endplatte; Curare-Moleküle dagegen können von den Rezeptoren der postsynaptischen Membran der motorischen Endplatte kompetitiv verdrängt werden. Spastik kann beim Trainieren auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät im Kurzzeitgedächtnis *(Abb. 82)* und im Langzeitgedächtnis (Patient Benjamin) effizient zurückgedrängt werden. Zur Applikation von Botulinumtoxin besteht daher im Allgemeinen keine Indikation. Es kaschiert auch nur die Symptome (Spastik) und greift nicht ursächlich an. Es blockiert die neuromuskuläre Übertragung, verbessert aber nicht die Funktion des verletzten ZNS. Warum Kindern teure, extrem giftige Stoffe verabreichen, wenn eine Lern-Therapie (Koordinationsdynamik-Therapie) eine viel bessere therapeutische Wirkung hat und dazu noch gesund ist. Erstaunlich ist, wie viele Pharmaka von Ärzten gleichzeitig verabreicht werden, obwohl meines Wissens nach deren Wechselwirkungen untereinander überhaupt noch nicht untersucht worden sind.

Wechselwirkungen physiotherapeutischer Massnahmen

Bei physiotherapeutischen Massnahmen besteht das Problem der negativen wechselseitigen Beeinflussung im Allgemeinen nicht. Das gleichzeitige Üben von verschiedenen Haltungen und Bewegungen wirkt sich eher positiv als negativ aus. Bei extremer Extensorspastizität bei zerebral geschädigten Kindern kann man bestimmte Haltungen nach Bobath nur üben, wenn das Kind vorher auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät trainiert hat und die Spastik im Kurzzeitgedächtnis zurückgedrängt worden ist, so dass die gewünschten Positionen durch das Kind auch eingenommen werden können. Das Problem bei der gleichzeitigen Anwendung verschiedener physiotherapeutischer Methoden besteht nur darin, dass im Rahmen der zur Verfügung stehenden Therapiezeit solche Therapiemethoden bevorzugt werden sollten, die das ZNS am effizientesten funktionell reorganisieren, weil die funktionelle Reorganisation sehr lange dauert. Aber berücksichtigt werden muss dann auch noch der Lerntransfer, d.h. was beim Üben einer Bewegung oder Haltung für die Gesamtfunktion (Gesamtorganisation) des ZNS gelernt worden ist, in Ähnlichkeit zur Mahnung beim Lernprozess in der Schule: Wissen ist Macht – Bildung ist Freiheit. Das Wiedererlernen der spezifischen Vielfältigkeit der Frequenz- und Phasenkoordinationen des Feuerns der Neurone im verletzten ZNS des Menschen erlaubt uns vielleicht neben der Restaurierung der Grundfunktionen des ZNS in Analogie zur Kindesentwicklung, die höheren geistigen Funktionen wesentlich zu verbessern.

Referenzen

1. *HAKEN H.:* Synergetics, an introduction: Non-equilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry and biology. Springer, Berlin, 1983.
2. *SCHÖNER G., JIANG W.Y. and KELSO J.A.S.:* A synergetic theory of quadrupedal gaits and gait transitions. J. theor. Biol. 1990, 142: 359–391.
3. *SCHÖNER G., ZANONE P.G. and KELSO J.A.S.:* Learning as change of coordination dynamics: theory and experiment. Journal of Motor Behavior 1992, 24: 29–48.
4. *ZANONE P.G. and KELSO J.A.S.:* Coordination dynamics of learning and transfere: collective and component levels. Journal of Experimental Psychology and Performances 1997, 23: 1454–1480.
5. *PRAAG VAN H., KEMPERMANN G. and GAGE H.:* Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. Nature Neuroscience 1999, 2 (3): 266–270.
6. *GOULD E., BEYLIN A., TANAPAT P., REEVES A. and SHORS T.J.:* Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. Nature Neuroscience 1999, 2 (3): 260–265.
7. *GREENOUGH W.T., COHEN N.J. and JURASKO J.M.:* New neurons in old brains: learning to survive? Nature Neuroscience 1999, 2 (3): 203–205.
8. *SCHALOW G. and ZÄCH G.A.:* Reorganization of the Human CNS, Neurophysiologic measurements on the coordination dynamics of the lesioned human brain and spinal cord. Theory for modern neurorehabilitation (31 case reports). Gen. Physiol. Biophys. 2000, 19 (Suppl. 1): 1–244.
9. *SCHALOW G. and ZÄCH G.A.:* Koordinationsdynamik-Therapie. Sonderdruck Physiotherapie 1999.
10. *FREUND H.-J.:* Remapping the brain. Science 1996, 272: 1754.
11. *KANEKO K.:* Cooperative behavior in networks of chaotic elements. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks (M.A. Arbib, Ed.) pp. 258–261, MIT Press, 1995.
12. *SCHALOW G.:* On-line measurement of human CNS re-organization. Electromyogr. clin. Neurophysiol., 2001 (im Druck).