Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia

Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband

Band: 35 (1999)

Heft: [1]

Artikel: Effizientsteigerung der Koordinationsdynamik-Therapie : Teil 2 : Praktischer Teil

Autor: Schalow, Giselher

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929423

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: 17.07.2025

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

PRAXIS

Effizienzsteigerung der Koordinationsdynamik-Therapie

Teil 2: Praktischer Teil

Giselher Schalow, Neurologie und Rehabilitation, Universitätsspital Tampere, Finnland, und Guido A. Zäch, Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil, Klinikdirektor, 6207 Nottwil

Das Wiedererlernen von motorischen und höheren geistigen Funktionen nach ZNS-Verletzung wird als eine Veränderung der Koordinationsdynamik des zentralen Nervensystems (ZNS) angesehen. Die Rate des Wiedererlernens der durch die Verletzung teilweise verloren gegangenen relativen Frequenz- und Phasenkoordination der neuronalen Netzwerke wird stark erhöht durch integratives, instrumentiertes, instruiertes Lernen mit speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegeräten. Die Erhöhung der Wiedererlernrate der spezifischen räumlich-zeitlichen Aktivitätsmuster der vielen Milliarden Neurone der neuronalen Netzwerke des ZNS durch Bewegungen und andere Funktionen des ZNS wird wesentlich bestimmt durch vier Faktoren: (1) Die Genauigkeit der Koordination der Bewegungen während der Therapie, um funktionell getrennte neuronale Netzwerke wieder zu verbinden und nicht bewegliche Gliedmassen wieder anzukoppeln an die Gesamtbewegung, (2) die Erhöhung der Integrativität der Koordinationsdynamik-Therapie, um auch die sehr integrativen Funktionen wie die höheren geistigen Funktionen zu verbessern, (3) die Erhöhung des möglichst physiologischen bewegungsinduzierten re-afferenten Inputs zur Stärkung der physiologischen Selbstorganisation der verletzten neuronalen Netzwerke und deren Kommunikation mit der Aussenwelt durch Regelprozesse und (4) durch die Intensität der Therapie (die «adaptive Maschine ZNS» passt sich nur an, wenn sie gefordert wird).

Praktischer Teil

5. Erhöhung des visuellen Inputs

Bei der Therapie von Patienten wurde beobachtet und gemessen, dass sich die Qualität und die Geschwindigkeit der Ausführung durch interpersonelle Koordination erhöhten. Durch die parallele Ausführung der Bewegung durch den Therapeuten (Autor G.S.) war es beispielsweise möglich, den Patienten in ein physiologischeres Bewegungsmuster zu ziehen. Aber es bestand auch die Möglichkeit, dass der Patient den Therapeuten in sein pathologisches Bewegungsmuster zog (Hinken), wenn sich der Therapeut zu stark auf das hinterher hängende Bein konzentrierte. Diese hauptsächlich automatische Koordination zwischen dem Therapeuten und dem Patienten wurde durch den visuellen Input von den bewegenden Beinen ausgelöst. Die Bewegungshilfe durch die interpersonelle Koordination kann auch ein Gesunder am eigenen Körper spüren, wenn er sein eigenes Gehen im Spiegel beobachtet (den er mit sich trägt) oder wenn er zusammen mit anderen marschiert (Soldaten).

Das bewusste und unbewusste Betrachten der bewegenden Arme und Beine beim Üben auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät wird die innere Koordinationsdynamik der koordinierten Arm- und Beinbewegungen im Kurzzeitgedächtnis verbessern. Wenn man zusätzlich eine Lampe oder eine Licht aussendende Diode im Gesichtsfeld hat, welche synchronisiert mit den koordinierten Arm- und Beinbewegungen leuchtet (blinkt), dann wird sich der synchronisierte visuelle Input erster Ordnung (Leuchten) erhöhen. Sieht man sich selbst in mehreren unterschiedlich angeordneten Spiegeln während der Koordinationsdynamik-Therapie, dann wird sich auch der re-afferente Input zweiter Ordnung (Kontrast) erhöhen *(Abb. 62)*. Werden zusätzlich noch starke Farben getragen, dann bekommen die neuronalen Netzwerke für das Sehen in In-Phase und in Gegen-Phase rhythmische, koordinierte Input-Veränderungen vom Leuchten, vom Kontrast, von der Farbe und von der Bewegung.

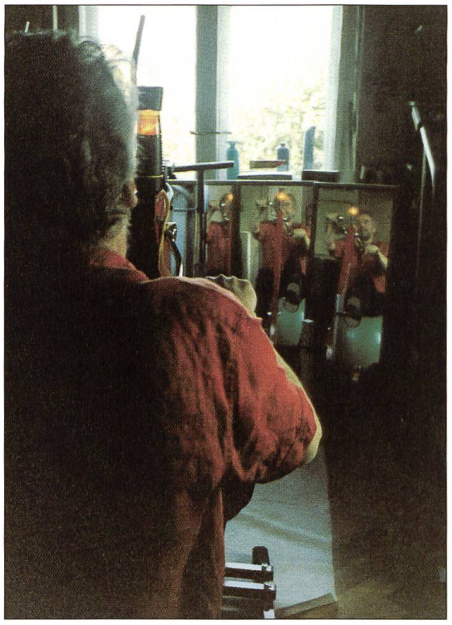

Abb. 62: **Patient mit schwerer Cerebellum-Verletzung bei erweiterter Koordinationsdynamik-Therapie. Der visuelle Input ist erhöht durch die blinkende Lampe und durch den spiegelbildlichen Input seiner Bewegung von den Spiegeln.**

Anmerkungen zu Abb. 62: Die prämotorischen Oszillatoren bekommen jetzt In-Phase- und Gegen-Phase-Input. Die knalligen Farben seiner Kleidung erhöhen die Aufmerksamkeit und verstärken die Aktivierung des ZNS. Durch zusätzliches Zählen der Umdrehungen führt er noch etwas Sprachtherapie aus. Ankopplung der Sprachtherapie an die Bewegungstherapie, siehe Abb. 69.

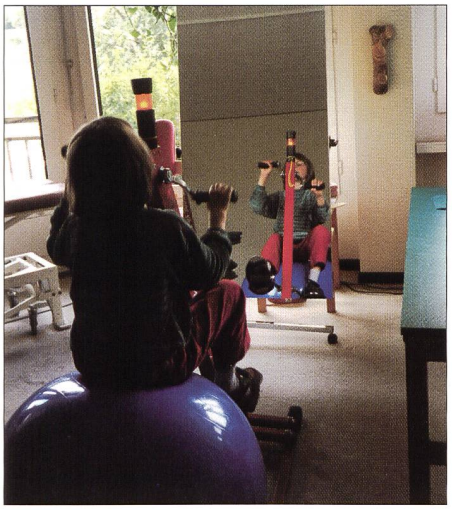

Abb. 63: **Kind mit Augenproblemen bei der Koordinationsdynamik-Therapie mit blinkender Lampe vor einem Spiegel. Sitzstellung etwas zu niedrig.**

Anmerkungen zu Abb. 63: Wenn sich das Kind auf die Lampe im Spiegel fixiert, dann sieht es die Lampen vor der Nase unscharf und doppelt. Wenn das Kind durch starkes Schielen abwechsend nur die rechte oder linke unscharfe Lampe vor den Augen sieht (es fokussiert ja auf die Lampe im Spiegel), dann sieht es abwechselnd mit rechts oder links, um dem Schielen zu entgehen. Es erscheint möglich, mit der Koordinationsdynamik-Therapie auch die Augenmotorik zu verbessern. Es muss nur die geeignete Lernanordnung gefunden werden.

Sieht der Patient seine bewegenden Arme und Beine direkt und im Spiegel, so bekommen die prämotorischen spinalen selbstorganisierten Oszillatoren über den Hirnstamm und höhere Zentren gleichzeitig re-afferente Aktivierung von der In-Phase- und der Gegen-Phase-Bewegung. Beim Menschen wurde gemessen, dass die prämotorischen Oszillatoren meist während zweier Phasen pro Oszillationszyklus, mit 180° Phasendifferenz, afferente Aktivierung erhalten *(Abb. 47* [21], *Abb. 59)*.

Das Sehen der spiegelbildlichen Bewegung wird also zusätzlich die afferente Aktivierung und Koordination der prämotorischen Oszillatoren erhöhen. Da das visuelle System das Leuchten und den Kontrast wahrscheinlich getrennt verarbeitet [34] und beide Prozessströme koordiniert durch die zusätzliche visuelle Stimulierung stärker aktiviert werden, sollte eine weitere Erhöhung des Wiedererlernens der Koordinationsdynamik für physiologische Bewegungen möglich sein. Unklar ist noch, worauf der Patient seine Aufmerksamkeit richten soll. Eine Möglichkeit ist, dass der Patient auf die blinkende Lampe in einem entfernten Spiegel starrt und auf diese auch fokussiert. Dadurch sieht er die Originallampe vor seinen Augen doppelt; er schielt bezüglich der Originallampe. Wenn der Patient dabei seine visuelle Aufmerksamkeit auf die bewegenden Arme und Beine im Spiegel richtet, dann sind bei der Koordinationsdynamik-Therapie das Üben des Sehens erster und zweiter Ordnung berücksichtigt.

Die visuelle Aufmerksamkeit und deren neurologisches Korrelat kann auf andere Lokalisationen gerichtet werden als auf den Blickpunkt [35].

Wird die Augenmotorik an die koordinierten Arm- und Beinbewegungen angekoppelt, so erscheint es auch möglich, die Augenmotorik durch Lernen zu verbessern. Da eine Fehlorganisation des ZNS auch nach vielen Jahren noch verbessert werden kann und auch genetische Fehlanlagen im ZNS teilweise korrigiert werden können (z.B. beim Down-Syndrom), erscheint es möglich, zumindest motorische Augenfunktionen zu verbessern. Beispielsweise bei Kindern, die schielen, erscheint es möglich, das Schielen durch eine Koordinationsdynamik-Therapie zu verbessern *(Abb. 63)*.

Ein erster Versuch wurde unternommen. Eine 14jährige Patientin mit ZNS-Verletzung nach Autounfall erlitt unter anderem motorische Schäden der Bewegung und Schäden bei der Augenmotorik. Die Pupillen beider Augen waren ungleich gross und reagierten unterschiedlich stark auf Licht. Nach 1000 Umdrehungen auf dem Koordinationsdynamik-Therapiegerät im Sitzen nahmen beide Pupillen vorübergehend die gleiche Grösse an. Im Kurzzeitgedächtnis hatte sich also die Koordinationsdynamik für die Augenmotorik verbessert *(Abb. 64)*.

6. Erhöhung des afferenten Inputs von der Haut

Der Schreitautomatismus wird bei Neugeborenen hauptsächlich ausgelöst durch den afferenten Input von der Haut des Hackens beim Aufsetzen der Ferse. Motoneurone, die den externen Analsphinkter aktivieren, werden zum Erhalt der Kontinenz vom afferenten Input des Analkanals aktiviert, wenn ein Analkatheter gelegt ist. Durch Stechen mit einer Nadel in sakrale Dermatome oder durch Berühren von sakralen Dermatomen mit einer Frequenz von etwa 1 Hz, speziell innerhalb der Reflexzone des Analreflexes, werden die Phasenbeziehungen zwischen oszillatorisch feuernden Motoneuronen verändert und die Frequenzen des rhythmischen Feuerns erhöht

Anmerkungen zu Abb. 64: In A etwa 2 Monate nach dem Unfall und in B etwa 6 Woche später. In B kurbelt die Patientin in Koordination mit der blinkenden Lampe. Nach 1000 Umdrehungen wurden die Pupillen vorübergehend (im Kurzzeitgedächtnis) gleich gross. Ihr Gesichtsausdruck ist in B schöner als im A. Mit der Verbesserung de Organisation des ZNS verbessert sich im allgemeinen auch der Gesichtsausdruck.

Abb. 64: 14jährige Patientin mit ZNS-Verletzung und Beeinträchtigung der Sehfunktionen (einschliesslich ungleich grosser Pupillen) nach Autounfall bei der Koordinationsdynamik-Therapie.

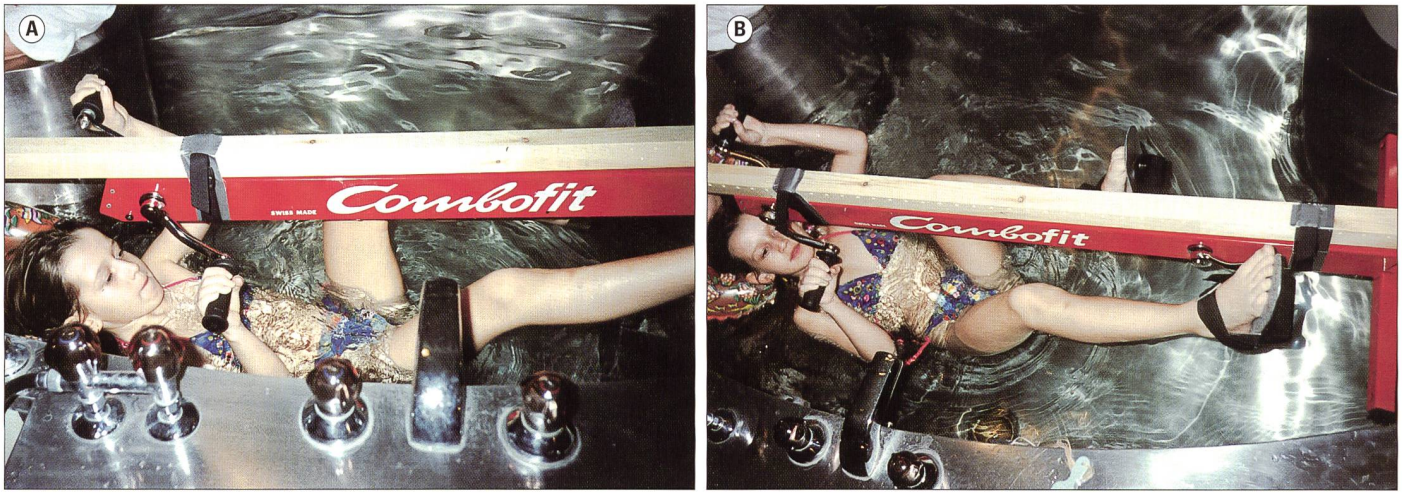

Abb. 65: **Patientin mit Skoliose bei der Koordinationsdynamik-Therapie im Wasser. Die Therapiestellung muss noch verbessert werden.**

(Abb. 54–57). Zusätzlich koordinierter afferenter Input von der Haut sollte daher die Rate des Wiedererlernens von physiologischen Bewegungen (allgemein von Funktionen des ZNS) erhöhen durch ein Wiedererlernen von speziellen Phasenbeziehungen (und Phasenübergängen) und Eigenfrequenzen in prämotorischen neuronalen Netzwerken. Beim Drehen der Kurbeln am speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät wird rhythmisch koordinierter re-afferenter Input speziell in der Haut von Händen und Füssen erzeugt und gibt direkt Anlass zum Wiedererlernen von Phasenbeziehungen und Eigenfrequenzen, weil die Frequenzen der ausgeführten rhythmischen Bewegungen am Gerät mit den gemessenen Eigenfrequenzen der prämotorischen α_1- (10 Hz), α_2- (6–9 Hz) und α_3-Oszillatoren ($\approx$ 1 Hz) *(Abb. 7* [16]) übereinstimmen. Ein zusätzlicher haut-afferenter Input kann rhythmisch und koordiniert erzeugt werden, wenn das Üben auf dem Koordinationsdynamik-Therapiegerät im Wasser durchgeführt wird *(Abb. 65).* Das rhythmisch und koordiniert an der Haut vorbeistreichende Wasser wird zusätzlich koordinierten re-afferenten Input für eine verbesserte Organisation der neuronalen Netzwerke des ZNS erzeugen. Wenn das Wasser noch warm ist, sich bewegt oder Mineralien enthält, könnten zusätzliche Effekte erzielt werden, wie beispielsweise eine Reduktion der Spastik durch die Wärme des Wassers.

7. Erhöhung des auditoren Inputs

Musik kann starke Emotionen auslösen und die Stimmung bei der Therapie günstig beeinflussen. Musik wurde daher benutzt, um den Patienten zu vermehrtem Üben zu motivieren. Marschmusik wurde manchmal benutzt, um den Patienten im Rhythmus marschieren zu lassen. Musik kann auch direkt auf den Körper mittels der Knochenleitung übertragen werden. Aber bisher war es nicht befriedigend möglich, die Musik oder das Hören, in Koordination mit dem Sehen, zur Erhöhung des koordinierten integrativen re-afferenten Inputs einzusetzen. Wurde etwa das Blinken einer Lampe durch das koordinierte Auftreten von Tönen begleitet, so beeinflusste dies bisher die Stimmungslage des Patienten negativ. Die praktische Anwendung der Musik, um die Rhythmizität zu erhöhen, in Koordination mit den motorischen Funktionen und dem visuellen Input, wurde bisher nicht gefunden, obgleich Pferde ohne Aufforderung beim Traben in den Walzerrhythmus gehen, wenn ein Walzer ertönt oder Soldaten das Marschieren im Takt gefallen kann, wenn ihnen die Marschmusik gefällt. Viele Menschen trainieren ihren Körper bei Musik. Aber wenn die motorischen Funktionen beim Patienten mit ZNS-Verletzung schwer beeinträchtigt sind, dann ist das rhythmische Bewegen zum Rhythmus der Musik nicht so einfach umzusetzen.

Ein Patient mit schwerer Cerebellum-Läsion auf beiden Seiten (Verlust von $\approx$ 60% des Cerebellums) und einer Verletzung des Vorderlappens *(Abb. 66 A, B),* war musisch begabt und konnte Klavier spielen. Dieser Patient ist der einzige Fall, bei dem es bisher möglich war, die Musik direkt zur Therapie einzusetzen: Der Patient spielt Klavier in interpersoneller Koordination mit einem Musiker, singt die auf dem Klavier gespielte Musik, bewegt die Beine im Rhythmus mit (was ein richtiger Musiker eigentlich nicht tut), und

Abb. 66: A, B: **Magnet-Resonanz (MR) des Gehirnschädels eines 58jährigen Patienten nach schwerem Schädelhirntrauma vor 4 Jahren, welches zeigt, dass etwa 60% des Kleinhirns zerstört sind (helle Teil des Kleinhirns) und ein Substanzverlust im Vorderhirn vorliegt (A, dunkle Areale im Vorderhirn). Ausgedehnter, narbig zystischer Substanzdefekt betreffend rechter Kleinhirnhemisphäre, Teilen des Kleinhirnwurms (Gleichgewicht) sowie des mittleren Kleinhirnstiels (Planung der Bewegung; Input aus prämotorischen Feldern, z.B. Area 6) rechts bis in die Pons rechts lateral reichend. Kleinerer zirka 1 cm im Durchmesser haltender Substanzdefekt frontal paramedian rechts. Kleine kortikale Läsion im Gyrus frontalis superior.**

Abb. 67: **58jähriger Patient nach schwerer Verletzung des Kleinhirns bei der Koordinationdynamik-Therapie am Klavier. Koordination von Bewegungs- und Musiktherapie.**

Anmerkungen zu Abb. 67: Beide Hände spielen synchron in interpersoneller Koordination mit dem Musiklehrer (im Vordergrund). Die Beine werden auch rhythmisch mitbewegt. Die Finger des Patienten sind unphysiologischerweise zu sehr in Streckstellung (wie der ganze Körper), wie der Vergleich mit den Fingern des Musikers zeigt.

beide Hände spielen die Töne synchron *(Abb. 67)*. Aber erstens sind nicht alle Patienten musikalisch und zweitens kann der Patient beim Klavierspielen depressiv werden, weil seine Finger sein Musikgefühl so schlecht umsetzen.

Bei diesem Patienten mit schwerster Cerebellum-Verletzung verbessern sich unter intensiver Koordinationsdynamik-Therapie motorische, vegetative und höhere geistige Funktionen des ZNS auch noch 4 Jahren nach dem Unfall. Am stärksten verbessern sich unter der Therapie zurzeit die gestörte Sprache *(Abb. 67, 69)* und die geistige Beweglichkeit. Nach achtmonatiger Koordinationsdynamik-Therapie kommen jetzt Automatismen wieder. Beim Niesen hält er sich jetzt wieder blitzschnell die Hand vor das Gesicht, was er früher nicht tat. Beim Sprechen gestikuliert er jetzt mit Armen und Händen; früher liess er die Arme einfach herunterhängen. Das relativ plötzliche Auftreten der Automatismen deutet nicht auf ein Wieder- Erlernen der Automatismen hin, sonder auf ein Wieder-Erlernen der Rekrutierung der Automatismen. In *Abb. 66 C* ist der – für eine Cerebellum-Verletzung typische – breitbeinige Gang zu sehen. Der Patient hat sehr grosse Probleme, das Gleichgewicht zu halten. Deshalb wird unter anderem auch das Halten des Gleichgewichts auf dem Laufband trainiert *(Abb. 66 D)*. Trotz schwerster Hirnschädigung *(Abb. 66 A, B)* kann der Patient schon wieder auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät im Stehen trainieren *(Abb. 66 E)*. Offensichtlich haben andere Hirnareale wesentliche Funktionen des zerstörten Cerebellums übernommen. Von leichten Cerebellum-Schäden her ist bekannt, dass andere ZNS-Teile Funktionen mit übernehmen können. Aber dass dies auch bei schweren Cerebellum-Schäden (etwa 60% Substanzverlust) möglich ist, ist neu. Das menschliche ZNS scheint also die Fähigkeit zu besitzen, dass – wenn bestimmte Hirnareale untergegangen sind – das verbliebene ZNS wesentliche Funktionen mit übernehmen kann unter der Therapie mit effizienten Lernmethoden.

Töne sind geeignet, die Rate des Wieder-Erlernens von motorischen Funktionen zu erhöhen. Die Synchronisation des afferenten Inputs zum ZNS kann erhöht werden durch den Hörvergleich, der Gleichzeitigkeit zweier Töne. So können zum Beispiel die Funktionen eines «schlechten» linken Fingers an die Funktionen des rechten «guten» Fingers angekoppelt werden *(Abb. 68)*. Die durch die Bewegung ausgelöste Hörwahrnehmung kann in bestimmten Situationen genauer unterscheiden, ob zwei Bewegungen gleichzeitig durchgeführt wurden oder nicht, als dies die Beobachtung der Fingerbewegung könnte oder das Erfühlen der Bewegung, wenn die Finger die Tasten berühren. Je «gleichzeitiger» der afferente Input von rechts und links ist, desto stärker ist wahrscheinlich die Kopplung der Bewegung des rechten und linken Fingers *(Abb. 34, 35* [21]), nämlich die Mitbewegung, und desto grösser ist der Lerneffekt für den mitbewegten Finger.

8. Erhöhung des vegetativen afferenten Inputs

Neurorehabilitation heisst die Wiederherstellung von verlorenen Funktionen (oder die Herstel-

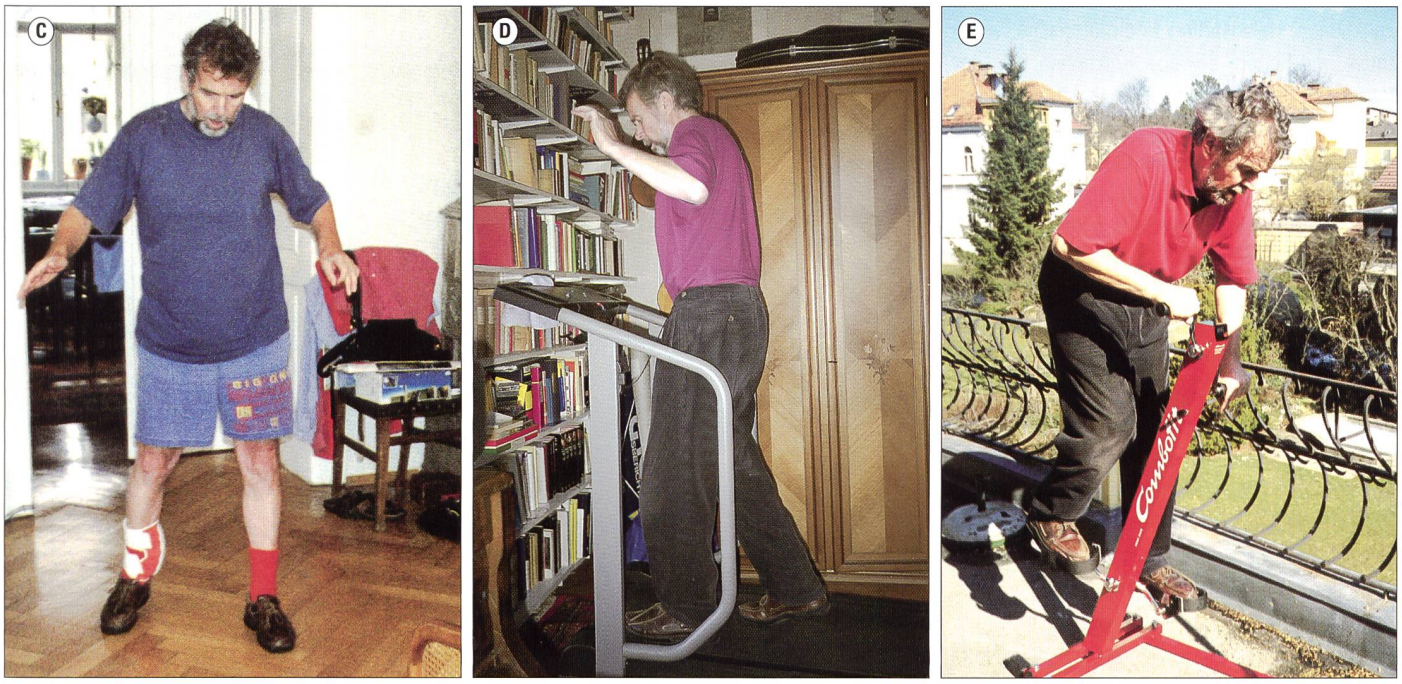

Abb. 66: C: **Patient mit der Cerebellum-Verletzung (A, B) beim freien Gehen in der Wohnung. D: Patient beim Training des Gleichgewichtes auf dem Laufband. Er versucht, wenn er in einem guten Gangrhythmus ist, die Hände loszulassen: erst rechts, dann links und dann beidseitig. E: Patient beim Training auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät in stehender Stellung zu Hause auf dem Balkon.**

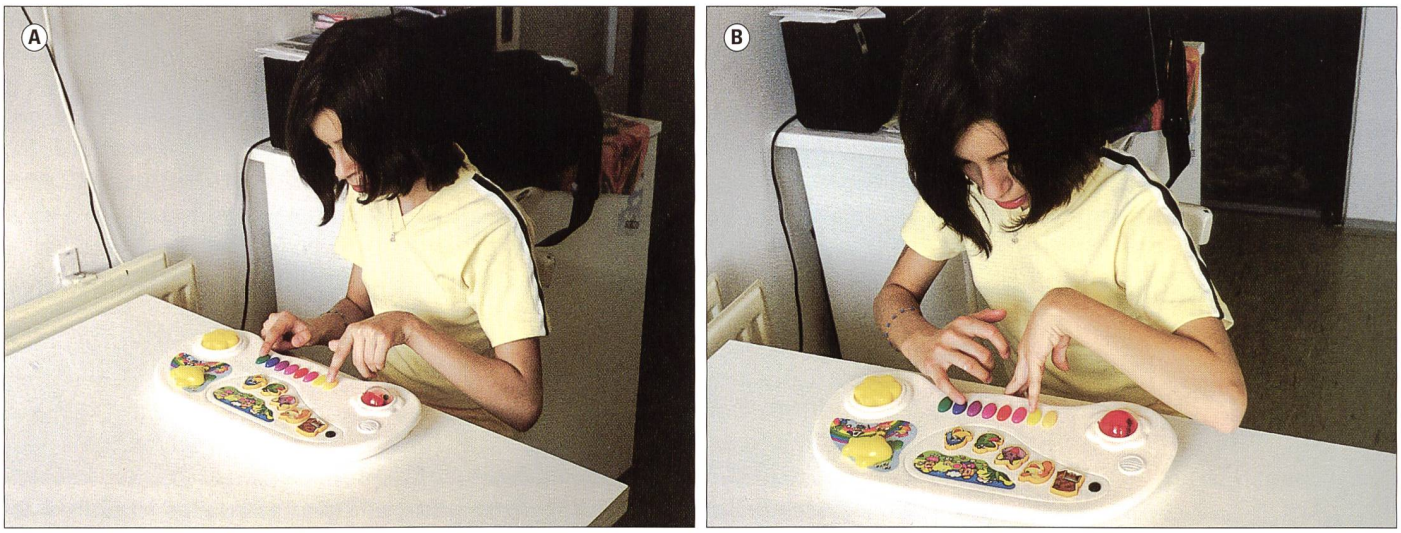

Abb. 68: **13jährige Patientin mit ZNS-Verletzung durch Strahlung (Tschernobyl), behauptet die Mutter, bei der Koordinationsdynamik-Therapie der Finger an einem Baby-Spielzeug.**

Anmerkungen zu Abb. 68: Beim Drücken der Tasten werden Töne ausgelöst. Mit den Zeigefingern gelingt das synchrone symmetrische Fingertippen relativ gut (A), obwohl die linke Hand leicht in Palmarflexion ist. Das gleichzeitige Drücken der Tasten mit den kleinen Fingern gelingt noch schlecht (B); die Fehlstellung von Hand und Arm ist offensichtlich. Dieses rhythmische symmetrische Fingertraining beim Spielen der Tonleiter mit zwei Fingern ist hilfreich bei der Koordinationsdynamik-Therapie; aber wichtiger ist das Fingertraining auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät (Abb. 61 A-G). Die Entwicklung von Kinderspielzeug, bei der die Koordination von Gliedmassen spielerisch trainiert wird, ist sinnvoll und wünschenswert.

lung von Funktionen bei frühen ZNS-Schäden, z.B. nach einer Zangengeburt) des Nervensystems oder durch das Nervensystem bedingter Funktionen. Herzustellen sind motorische, vegetative und höhere geistige Funktionen. Mit der Verbesserung einer dieser Funktionen verändern sich auch die anderen Funktionen positiv, weil die entsprechenden Netzwerke vernetzt sind und weil meist keine Funktion isoliert wiedererlernt wird. Mit der Steigerung der motorischen Funktionen verbessern sich also auch die vegetativen und höheren geistigen Funktionen. Würde beim motorischen Lernen zusätzlich Gewicht auf die Erhöhung des afferenten Inputs von vegetativen Funktionen gelegt, dann könnte der Lerneffekt bei den vegetativen Funktionen grösser sein.

Trainiert beispielsweise ein Rückenmarkverletzter, mit einer Verletzung im thorakalen Bereich, auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät, dann bewegen sich auf einige Millisekunden genau die Beine in Koordination mit den Armen mit. Unterschwellige Netzwerkverbindungen zwischen der Intumescentia cervicales (Netzwerke für die Armbewegung) und der Intumescentia lumbales (Netzwerke für die Beinbewegung) werden hervorgehoben und zur Überschwelligkeit gebracht, so dass koordinierte Bewegungen von Armen und Beinen auch ohne Gerät möglich werden. Aber beim motorischen Training werden auch vegetative Funktionen geübt. Afferenter Input von den Beinen wird zumindest die Intumescentia lumbales erreichen und afferenter Input von den Armen die Intumescentia cervicales. Da der Blutdruck aber für den ganzen Körper reguliert wird, besteht eine Kopplung des vegetativen afferenten Inputs zwischen Armen und Beinen. Vegetative Funktionen, hier der Blutdruck, können also die Querschnittslähmung überbrücken und wesentlich zum Wiedererlernen der koordinierten Arm- und Beinbewegungen beitragen. Zusätzlich bestehen auch noch direkte vegetative Verbindungen zwischen oberhalb und unterhalb der Querschnittslähmung im Grenzstrang und in den Verbindungen, die die Plexuus des Bauch- und Brustraumes bilden. Ein wesentlicher Beitrag beim Wiedererlernen wird also auch von den vegetativen Funktionen kommen.

Aber wie kann nun das vegetative Lernen weiter gestärkt werden? Durch direkte Ankopplung der Atmung an Bewegungen können Herz- und Kreislauffunktionen in Verbindung mit motorischen Funktionen direkt trainiert werden. Der Patient muss beispielsweise forciert die Ein- und Ausatmung an die Drehbewegung ankoppeln. Bei bestimmten Kurbelstellungen etwa der rechten Hand muss forciert ein- und ausgeatmet werden. Der tschechische Langstreckenläufer Zatopek konnte immerhin durch die Ankopplung der for-

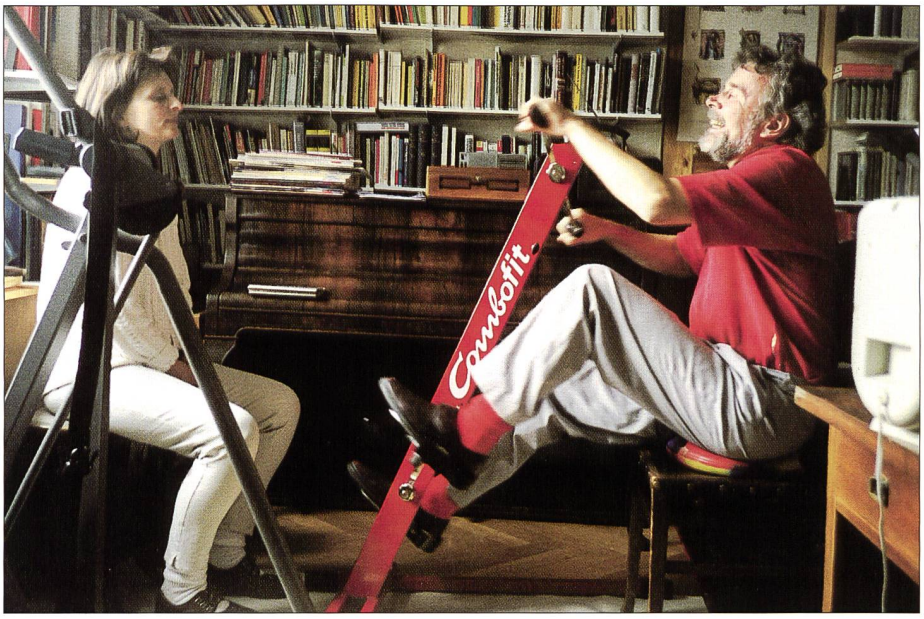

Abb. 69: **Standardmässige Sprachtherapie bei einem Patienten mit Kleinhirnschädigung, wobei der Patient gleichzeitig auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät trainiert. Seine Sprache ist dadurch kontinuierlicher, auch nach Aussage der Sprachtherapeutin.**

cierten Ein- und Ausatmung an die Beinbewegungen an den Olympischen Spielen mehrmals gewinnen. Die willkürliche Ankopplung der Atmung an Bewegungen der Gliedmassen wird Zatopek-Effekt genannt.

9. Sprachtherapie

Auch bei der Sprachtherapie sollten die Prinzipien von zeitlicher und räumlicher Koordination berücksichtigt werden [31, 36]. Trainierte der Patient der Abb. 69 bei der Sprachtherapie gleichzeitig auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät, so wurde die Sprache kontinuierlicher. Die Verbesserung der Koordinationsdynamik des ZNS durch die koordinierten Bewegungen auf dem Gerät verbesserten im Kurzzeitgedächtnis auch die Sprachmoto-rik.

10. Abschlussbemerkungen

Die wesentlichen Verbesserungen von Bewegungen und höheren geistigen Funktionen bei den therapierten Patienten mit ZNS-Verletzungen legen nahe, dass zwar bei Geburt bestimmte Funktionen vorherrschend in bestimmten Hirnarealen lokalisiert sind, dass aber – wenn diese Hirnareale zerstört sind – das menschliche ZNS noch eine zweite Strategie hat, ZNS-Funktionen zu erzeugen, nämlich, dass andere Hirnteile Funktionen mitübernehmen (Plastizität). Die Übernahme von Funktionen durch andere Hirnareale, wahrscheinlich durch mehr integrative Organisation, findet nur statt, wenn der Patient mit effizienten Lernmethoden umlernt. Bei der teilweisen «Heilung» des verletzten ZNS steht also die Effizienz der Lernmethoden im Vordergrund. In diesem Fachartikel wurden Anregungen gegeben, wie benutzte Lernmethoden weiterentwickelt werden können. Es ist eine alte Tatsache, dass der Mensch den Tieren beim Lernen weit überlegen ist. Entscheidend neue Erkenntnisse über die Lernfähigkeit des menschlichen ZNS werden daher aus der Humanforschung kommen.

Referenzen

1) *SCHALOW, G.:* Conduction velocities and nerve fibre diameters of touch, pain, urinary bladder and anal canal afferents and (and (-motoneurons in human dorsal sacral nerve roots. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1991; 31: 265–296.

2) *SCHALOW, G.:* Oscillatory firing of single human sphincteric α_2 and γ_3-motoneurons reflexly activated for the continence of urinary bladder and rectum. Restoration of bladder function in paraplegia. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1991; 31: 323–355.

3) *SCHALOW, G.:* Recruitment of motoneurons in the occasional firing mode in paraplegics. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993; 33: 401–408.

4) *SCHALOW, G.:* Spinal oscillators in man under normal and pathologic conditions. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993; 33: 409–426.

5) *SCHALOW, G.:* Impulse patterns of single encoding sites of human secondary muscle spindle afferents. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993; 33: 451–464.

6) *SCHALOW, G.:* Phase-correlated adequate afferent action potentials as a drive of human spinal oscillators. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993; 33: 465–476.

7) *SCHALOW, G.:* Action potential patterns of intrafusal γ and parasympathetic motoneurons, secondary muscle spindle afferents and an oscillatory firing α_2-motoneuron, and the phase relations among them in humans. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993; 33: 477–503.

8) *SCHALOW, G., ZÄCH, G.A., WARZOK, R.:* Classification of human peripheral nerve fibre groups by conduction velocity and nerve fibre diameter is preserved following spinal cord lesion. J. Auton. Nerv. Syst. 1995; 52: 125–150.

9) *SCHALOW, G., BERSCH, U., GÖCKING, K., ZÄCH, G.A.:* Detrusor-sphincteric dyssynergia in paraplegics compared with the synergia in a brain-dead human by using the single-fibre action potential recording method. J. Auton. Nerv. Syst.1995; 52: 151–180.

10) Schalow, G., Bersch, U., Michel, D., Koch, H.G.: Detrusor-sphincteric dyssynergia in humans with spinal cord lesions may be caused by a loss of stable phase relations between and within oscillatory firing neuronal networks. J. Auton. Nerv. Syst. 1995; 52: 181–202.

11) *SCHALOW, G., BERSCH, U., ZÄCH, G.H., WARZOCK, R.:* Classification, oscillatory and alternating oscillatory firing of α_1 (FF) and α_2-motoneurons (FR) in patients with spinal cord lesion. Gen. Physiol. Biophys. 1996; 15, Suppl. 1: 5–55.

12) *SCHALOW, G., ZÄCH, G.A.:* Mono and polysynaptic drive of oscillatory firing α_1 (FF) and α_2-motoneurons (FR) in a patient with spinal cord lesion. Gen. Physiol. Biophys. 1996; 15, Suppl. 1: 57–74.

13) *SCHALOW, G., ZÄCH, G.A.:* Reflex stimulation of continuously oscillatory firing α and γ-motoneurons in patients with spinal cord lesion. Gen. Physiol. Biophys. 1996; 15, Suppl. 1: 75–93.

14) *SCHALOW, G., ZÄCH, G.A.:* External loops of human premotor spinal oscillators identified by simultaneous measurements of interspike intervals and phase relations. Gen. Physiol. Biophys. 1996; 15, Suppl. 1: 95–119.

15) *SCHALOW, G., BLANC, Y., JELTSCH, W., ZÄCH, G.A.:* Electromyographic identification of spinal oscillator patterns and recouplings in a patient with incomplete spinal cord lesion: Oscillator formation training as a method to improve motor activities. Gen. Physiol. Biophys. 1996; 15, Suppl. 1: 121–220.

16) *SCHALOW, G.:* Oszillator-Formationstraining – Ein Tetraplegiker lernt rennen, Teil 1. Physiotherapie 1998; 3: 9–20.

17) *SCHALOW, G.:* Oszillator-Formationstraining – Ein Tetraplegiker lernt rennen, Teil 2. Physiotherapie 1998; 4: 18–26.

18) *SCHALOW, G., MOLNAR, G., RÖYTTÄ, M. AND ZÄCH, G.A.:* Koordinationsdynamik-Training, Teil 1, Physiotherapie 1998; 5: 3–14.

19) *SCHALOW, G., MOLNAR, G., RÖYTTÄ, M. AND ZÄCH, G.A.:* Koordinationsdynamik-Training, Teil 2, Physiotherapie 1998; 6: 3–17.

20) *SCHALOW, G. AND ZÄCH, G.A.:* Neuronal reorganization through oscillator formation training in patients with CNS lesions. Journal of the Peripheral Nervous System 1998; 3: 1–24.

21) *SCHALOW, G. UND ZÄCH, G.A.:* Koordinationsdynamik-Therapie, Physiotherapie 1999; Heft 5–9.

22) *HOLST, E.V.:* Die relative Koordination als Phänomen und als Methode zentralnervöser Funktionsanalyse. Erg. Physiol. 1939; 42: 228–306

23) *JUNG, R.:* Physiologische Untersuchungen über den Parkinsontremor und andere Zitterformen beim Menschen. Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie 1941; 173: 263–332.

24) *LANGHORST, P., SCHULZ, B. AND LAMBERTZ, M.:* Reticular formation of the lower brainstem. A common system for cardiorespiratory and somatomotor functions: discharge patterns of neighboring neurons influenced by cardiovascular and respiratory afferents. J. auton. Nerv. Syst. 1983; 9: 411–432.

25) *SCHULZ, B., LAMBERTZ, G., SCHULZ, G. AND LANGHORST, P.:* Reticular formation of the lower brainstem. A common system for cardiorespiratory and somatomotor functions: discharge patterns of neighboring neurons influenced by somatosensory afferents. J. auton. Nerv. Syst. 1983; 9: 433–449.

26) *SCHULZ, G., LAMBERTZ, M., SCHULZ, B., LANGHORST, P. AND KRIENKE, B.:* Reticular formation of the lower brainstem. A common system for cardio-respiratory and somatomotor functions. Cross-correlation analysis of discharge patterns of neighbouring neurons. J. auton. Nerv. Syst. 1985; 12: 35–62.

27) *LAMBERTZ, M., SCHULZ, G. AND LANGHORST, P.:* Reticular formation of the lower brainstem. A common system for cardio-respiratory and somatomotor functions. Considerations aided by computer simulations. J. aton. Nerv. Syst. 1985; 12: 63–75.

28) *LANGHORST, P., SCHULZ, B.G., SELLER, H. AND KOEPCHEN H.P.:* Convergence of visceral and somatic afferents on single neurones in the reticular formation of the lower brain stem in dogs. J. auton. Nerv. Syst. 1996; 57: 149–157.

29) *SCHÖNER, G., ZANONE, P.G. AND KELSO, J.A.S.:* Learning as change of coordination dynamics: Theory and Experiment. Journal of Motor Behavior 1992; 42: 29–48.

30) *ZANONE, P.G. AND KELSO, J.A.S.:* Coordination dynamics of learning and transfer: Collective and component level. Journal of Experimental Psychology 1997; 23: 1454–1480.

31) *KELSO, J.A.S.:* Dynamic Patterns. The Self-Organization of Brain and Behavior. MIT Press, Cambridge, 1995

32) *SINGER, W.:* Synchronization of cortocal activity and its putative role in information processing and learning. Annu. Rev. Physiol. 1993; 55: 349–374.

33) *SINGER, W. AND GRAY C.M.:* Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis. Annu. Rev. Neurosci. 1995; 18: 555–586.

34) *MCGRAW, P.V., DENNIS, M.L. AND WHITAKER, D.:* Spatial characteristics of the second-order visual pathway revealed by positional adaptation. Nature Neuroscience 1999; 2: 479–484.

35) *BREFCZYNSKI, J.A., DEYOE, E.A.:* A physiological correlate of the «spotlight» of visual attention. Nature Neuroscience 1999; 2 370–374.

36) *CASE, P., TULLER B., DING, M. AND KELSO, J.A.S:* Evaluation of a dynamical model of speech perception. Perception and Psychophysics 1995; 57: 977–988.