Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia
Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
Band: 35 (1999)
Heft: [1]

Artikel: Koordinationsdynamik-Therapie (Teil IV)
Autor: Schalow, Giselher / Zäch, Guido A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929418

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: 12.07.2025

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

PRAXIS

Koordinationsdynamik-Therapie (Teil IV)

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

Aufgrund dreier neuer Entwicklungen auf dem Gebiet der Neurowissenschaften, nämlich (I) der Selbstorganisation neuronaler Netzwerke [1–4], (II) der Rhythmizität und der koordinierten Rhythmuskopplung [5–12] und (III) der Regeneration einschliesslich Neurogenese [13–16], können bei Patienten mit Verletzungen des zentralen Nervensystems (ZNS) die lebensnotwendigen Funktionen des somatischen und autonomen Nervensystems entscheidend verbessert werden.

Fallbeispiele

Die Wirkungsweise des Koordinationsdynamik-Therapiegerätes wird in der Folge an einigen Beispielen demonstriert.

Schlaganfall

Ein jetzt 70jähriger Patient erlitt vor 3½ Jahren einen Schlaganfall. Die Hemiparese links wurde seit einem halben Jahr mit obiger Koordinationsdynamik-Therapie in liegender Stellung behandelt. Mit 10 Therapien pro Monat und einer Therapiezeit von 50 Minuten stellten sich folgende Verbesserungen bei dieser Neurorehabilitation ein. Der Patient kam zu Beginn der Behandlung mit dem Rollstuhl. Jetzt geht er mit dem Vierpunktstock; ein wenig kann er auch ohne Stock gehen. Der Patient kann schneller die Treppe hochsteigen, im Sitzen das linke Bein wieder strecken, und der ganze Körper ist gelenkiger geworden. Die Muskelmasse der linken Hand und des linken Unterarmes haben zugenommen, obwohl sie noch immer nicht willkürlich beweglich sind.

Die Zunahme der nicht willkürlich aktivierbaren Muskeln ist damit begründet, dass bei der exakten Koordination (auf einige Millisekunden genau; *Abb. 34)* aller vier Gliedmassen, geführt durch das Therapiegerät, teilweise auch die Muskeln des willkürlich nicht beweglichen linken Armes aktiviert und therapiert werden, analog zur Mitbewegung beim Schwimmen wie in *Abb. 35/* Teil III dargestellt.

Therapiezeiten

Für eine ein halbes Jahr dauernde Therapie scheint der Fortschritt aber nur mässig zu sein. Speziell, dass die linke Hand und der linke Arm noch nicht willkürlich beweglich sind, ist enttäuschend, denn gerade die Ankopplung der nicht willkürlich beweglichen an die beweglichen Gliedmassen sollte doch durch die Koordinationsdynamik-Therapie erreicht werden. Es ist aber zu bedenken, dass bei einem zweimaligen Training pro Woche, mit je 1 Stunde Therapiezeit, nicht mehr zu erwarten ist. Die Therapiezeiten in der Neurorehabilitation sind denen beim Fitness-Training und beim Leistungssport ähnlich. Mit zweimaligem Fitness-Training pro Woche kann man gerade seinen Konditionszustand halten, erst mit einem Training von drei Mal pro Woche und öfters nimmt die Leistungsfähigkeit des Körpers zu. Eine neurorehabilitatorische Behandlung in einer Physiotherapiepraxis mit 1 bis 2 Therapiestunden pro Woche ist daher geeignet, den Zustand des ZNS und des Körpers sich nicht verschlechtern zu lassen. Eine Behandlung mit 3 bis 5 Therapien pro Woche, einschliesslich Leistungskontrolle, wäre geeignet, den Zustand des verletzten ZNS zu verbessern.

Skoliose

Eine 19jährige Patientin mit Skoliose erhielt 20 Therapien in 7½ Monaten mit einer Therapiezeit von etwa 30 Minuten. Trotz der geringen Anzahl von Therapien wurde eine Verbesserung der Skoliose erzielt. Vor der Behandlung hatte sie bei skoliotischer Haltung Rückenschmerzen. Jetzt, nach 20 Therapiestunden, hat sie bei skoliotischer Haltung noch immer Schmerzen, aber bei guter Haltung verschwanden diese.

90 Prozent der Skoliosen werden als ideopathisch bezeichnet [21]. Eine wichtige Rolle soll dabei die veränderte Innervation der Muskulatur spielen, durch eine Verschiebung des Gleichgewichtszustandes im dynamischen Sinne [21]. Wenn man annimmt, dass ein Teil dieser idiopathischen Skoliosen durch eine Fehlorganisation der neuronalen Netzwerke des Rückenmarkes bedingt ist, ergibt sich folgendes: Durch unsymmetrische Rechts-Links-Aktivierung der Rückenmuskulatur werden an den Wirbeln unsymmetrische Rechts-Links-Zugspannungen auftreten, die das Rückgrat auf die Dauer in eine skoliotische Form ziehen. Ein enges Korsett kann zwar die skoliotische Form reduzieren und die Körperhaltung stabilisieren, aber die Ursache für die Skoliose, nämlich die ungleiche Rechts-Links-Aktivierung der Muskelgruppen, ist nicht beseitigt. Vom mechanischen Gesichtspunkt aus sollten dreidimensionale, vor allem Rotationsbewegungen des Rumpfes aktiv und passiv die skoliotische Verformung des Rückgrates reduzieren. Durch ein Koordinationsdynamik-Training, bei dem in erster Linie die Rumpf-Rotationsbewegungen an die koordinierten Arm- und Beinbewegungen angekoppelt sind, sollte sich die skoliotische Verformung des Rückgrates aktiv reduzieren. Durch die Verbesserung der Selbstorganisation der neuronalen Netzwerke des Rückenmarkes werden die bisher weniger stark aktivierten Muskeln stärker aktiviert, so dass die Zugkräfte am Rückgrat ausgeglichener werden und sich zumindest bei aktiver Haltung die skoliotische Form des Rückgrates verringert. Die Rumpf-Rotationsbewegungen zur Reduzierung der Skoliose haben eine passive Wirkungskomponente, die bei allen Skoliosen wirkt, und eine aktive Wirkungskomponente, die bei vom Nervensystem bedingten Skoliosen zusätzlich wirkt.

Dass – durch das ZNS bedingt – Skoliosen entstehen, ist nicht unwahrscheinlich. Auch bei gesunden Menschen ist die Koordinationsdynamik im ZNS ontogenetisch und trainingsbedingt nicht optimal. Bei einer Physiotherapeutin ist die Verbesserung der Koordinationsdynamik oft nicht so einfach sichtbar, weil berufsbedingt ihr Körper gut trainiert ist und daher auch die Koordinationsdynamik besser optimiert ist. Wenn nun bei einem Gesunden ontogenetisch oder trainingsbedingt die Koordinationsdynamik mehr oder weniger gut optimiert sein kann, dann ist vorstellbar, dass in Extremfällen eine schlechte Koordinationsdynamik im ZNS zu einer Körperfehlstellung wie der Skoliose führen kann.

Hirnverletzung, Coma vigilanz

Ein 10jähriger Junge rannte beim Spielen auf die Strasse und wurde von einem Auto, das mit einer Geschwindigkeit von 55 km/h fuhr, erfasst und mehrere Meter durch die Luft geschleudert. Der Junge landete in einem Eisenzaun und erlitt viele Verletzungen, einschliesslich einer offenen Thoraxverletzung rechts und Hirnverletzungen im Bereich der Basalganglien (Grösse = 4×3cm) und im temperoparietalen Bereich. In der 3. Woche nach dem Unfall wurde eine passive Bewegungstherapie von der Mutter und der Physiotherapeutin begonnen. Der Patient lag zwei Wochen im Koma und begann nach sechs Wochen, wenn er angesprochen wurde, etwas zu reagieren. Sprechen konnte er nicht. Die Prognose der Ärzte der Intensivstation war, dass der Patient noch weitere 1 bis 2 Monate im Wachkoma liegen würde. Sechs Wochen nach dem Unfall wurde im Wachkoma *(Abb. 37A–C)* eine Koordinationsdynamik-Therapie in liegender Stellung *(Abb. 37D)* begonnen. Beim Patienten zeichnete sich eine Hemiparese links ab (und eine leichte Quadruparese); der linke Arm und die linke Hand waren spastisch *(Abb. 37B, C)*. Infolge einer Humerus-Fraktur war das Schultergelenk nur wenig beweglich. Obwohl die Bewegungen des linken Armes und der linken Hand dem Patienten wahrscheinlich Schmerzen bereiteten, schien er kooperativ zu sein. Da er ja nicht sprechen konnte, war eine sichere Kommunikation nicht möglich. Als sich nun der Autor vom Patienten nach 3 Tagen Therapie verabschiedete, wurde er vom Patienten gestreichelt, was andeutete, dass er für die Therapie, trotz der ihm wahrscheinlich bereiteten Schmerzen, dankbar war. Die Koordinationsdynamik-Therapie wurde von einer Physiotherapeutin und der Mutter (selbst Ärztin) fortgesetzt. Nach weiteren zwei Tagen kam die Sprache wieder und das Wachkoma war beendet. Der Patient berichtete nun, dass er in der Tat erhebliche Schmerzen bei den durchgeführten Arm- und Handbewegungen hatte. Da er aber fühlte, dass man ihm helfen wollte, hatte er trotz der Schmerzen, so gut es ging, aktiv bei den gekoppelten Arm- und Beinbewegungen mitgearbeitet. Das Erkennen der Realität bereitete dem Patienten im folgenden noch Schwierigkeiten. Oft sagte er zu seiner Mutter: «Mami, weck mich bitte auf, der Traum ist so furchtbar.» Einer aufkommenden Depression mit Suizidgedanken wurde mit einer intensiven Therapie begegnet (was sowieso im Sinne der Neurorehabilitation war), damit der Patient keine Zeit zum Nachdenken bekommen sollte, ähnlich der Arbeitstherapie bei Nervenkranken. Wie sich nach dem Ende des Wachkomas nun zeigte, hatte der Patient in der Tat eine Hemiparese links mit Spasmen im Arm und in der Hand. Der Zustand des Nervensystems verbesserte sich bei andauernder intensiver Therapie (6 Tage pro Woche, mehrmals am Tag) kontinuierlich. Ein anderer 12jähriger Patient, der eine ähnlich schwere Hirnverletzung erlitt und der auf der gleichen Intensivstation und der gleichen Abteilung für Kinderneurorehabilitation lag und bei dem diese Koordinationstherapie im Wachkoma nicht durchgefürt wurde, lag 3 Monate im Wachkoma, entsprechend der Prognose der behandelnden Ärzte der Intensivstation. Es

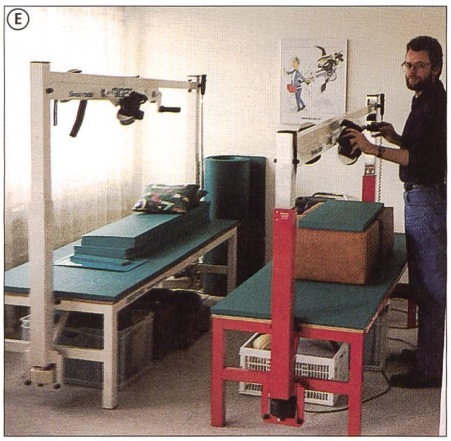
***Abb. 37A–D:* 10jähriger Patient fünf Wochen nach einer traumatischen Hirnverletzung (Autounfall) im Wachkoma. Hemiparese links, Patient kann nicht sprechen.**

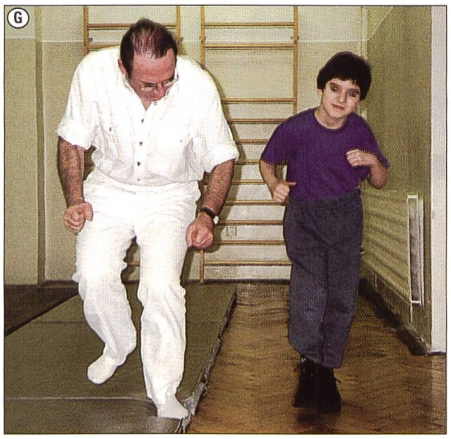
Anmerkung zu Abb. 37A–D: A: Die Mutter (selbst Ärztin) trägt meist noch den Patienten. Noch keine ausreichende Kopfstabilität beim Patienten vorhanden.

B: Patient hebt die rechte Hand, um die haltende Hand der «Mami» zu bekommen. Er braucht offensichtlich die gefühlsmässige Zuwendung, um der angsterzeugenden Fehlorganisation in seinem ZNS begegnen zu können. Linker Arm und linke Hand in Spastikstellung. Mutter auf der rechten Seite des Patienten, um dem spastischen linken Musculus sternocleidomastoideus entgegenzuwirken.

C: Patient hat die beruhigende Handhaltung der Mutter bekommen. Der Gesichtsausdruck des Patienten scheint ein wenig entspannter zu sein; der Patient kann jetzt zum Autor mit der Kamera schauen. Die gefühlsmässige Zuwendung der Mutter reicht nicht, um die Spastik im linken Arm und in der linken Hand merklich zu verringern. Der Blick des Patienten ähnelt dem eines Babys. Die Augen scheinen die «ganze Welt aufnehmen» zu wollen. Wenn man den Blick des Patienten mit einem intelligenten Roboter vergleichen würde, so könnte der Roboter sagen: «Ich brauche Input, um mich reparieren und wieder richtig organisieren zu können.» Bei der Koordinationsdynamik-Therapie in D werden dem Nervensystem des Patienten die räumlich-zeitlich koordinierten Impulsmuster angeboten, so dass sich das verletzte ZNS wieder richtig organisieren kann (entsprechend der Verletzung), d.h. dem ZNS wird die richtige Organisationsform kontinuierlich angeboten.

D: Patient bei der Koordinationsdynamik-Therapie. Die Physiotherapeutin (Leiterin einer Physiotherapeutischen Abteilung einer Kinder-Rehaklinik für neurologische und orthopädische Erkrankungen) führt seine Hände beim Kurbeln, damit einerseits die linke Hand nicht abrutscht und um andererseits Berührungszuwendung zu geben. Es zeigte sich, dass der Patient nach geführten Bewegungen für einige Sekunden besser die Hände und Arme bewegen konnte (die paretische Hand rutschte weniger oft ab), wahrscheinlich wegen reduzierter Spastik. Der Patient erleidet Schmerz beim Strecken vom Hand-, Ellbogen- und Schultergelenk, wie sein Gesicht anzudeuten scheint. Die Therapie wird mit einer wackligen Hilfskonstruktion durchgeführt; aus organisatorischen Gründen standen adäquate Geräte (E) nicht zur Verfügung. Therapie in Zusammenarbeit mit K. Zdenka (Physiotherapeutin) und J. Tkácová (Neurologin), Kinder-Rehabilitationsklinik Samorin-Cilistov, Slowakei.





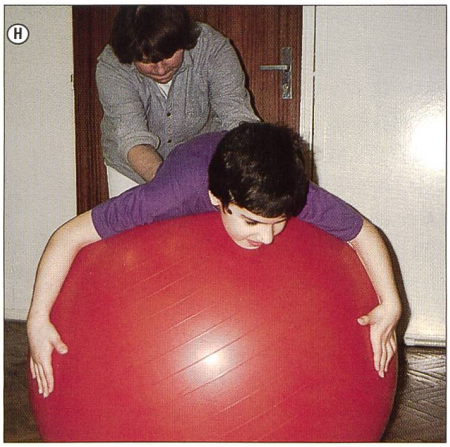


Abb. 37E–H: **10jähriger Patient vier Monate nach der schweren Hirnverletzungm durch Autounfall (drei Monate nach Beginn der Therapie).**

scheint, dass eine Ganzkörper-Koordinationsdynamik-Therapie das Wachkoma verkürzt, und es ist sinnvoll, mit einer Koordinationdynamik-Therapie noch früher, d.h. bereits im Koma zu beginnen, um dieses abzukürzen und einer sich anbahnenden Spastik möglichst früh entgegenzuwirken. Es wird berichtet, dass der Erfolg einer Therapie kritisch davon abhängt, wie schnell die Therapie begonnen wird. Ein Übertrainieren der betroffenen Gliedmassen in der ersten Woche nach der Läsion des Gehirns kann das Ausmass der Schädigung vergrössern, ein Übertrainieren in der zweiten Woche nach dem Trauma nicht [22]. Auf Anraten des Autors verzichteten die Eltern bei ihrem 10jährigen Sohn (ersterer Fall) auf eine Botulinum-Toxin-Therapie zur selektiven Reduzierung der Spastik (Blockade der neuromuskulären cholinergen Endplatten im Applikationsgebiet des Giftes für etwa 2 Monate), welche von der mitbehandelnden Neurologin vorgeschlagen wurde. Bei einer früh einsetzenden, effizienten und intensiv durchgeführten Neurorehabilitation kann die einsetzende Spastik zumindest stark vermindert, wenn nicht beseitigt werden; es bestand also keine Indikation für eine Botulinum-Toxin-Therapie. Jetzt, nach dreimonatiger Neurorehabilitation, haben sich die Funktionen des paretischen Armes stark verbessert. Dies bedeutet, dass die Netzwerkzustände für die physiologische Bewegung gestärkt und die Spastiknetzwerkzustände geschwächt worden sind. Erst wenn der linke Arm beim Gehen mit den Bewegungen der anderen Gliedmassen voll koordiniert werden kann (Ankopplung des selbstorganisierten Netzwerkes für die Arm- und Handbewegung an die Netzwerkorganisation für die restlichen Gliedmassen), wird die Spastik weitgehend zurückgedrängt worden sein, so dass die willkürlichen, nicht rhythmischen Bewegungen der linken Hand und der linken Finger voll trainiert werden können. Durch rein physiotherapeutische Massnahmen konnten die Funktionen des paretischen Armes verbessert werden. Der Stand nach dreimonatiger Therapie ist in *Abb. 37F–H* dargestellt. Erste Ansätze des Rennens werden durch Schmerzen im linken Fuss begrenzt. Die intensive Neurorehabilitation wird weiter fortgesetzt.

Therapie zur Verbesserung von Automatismen oder zur Verbesserung des Organisationsprinzips des ZNS (Koordinationsdynamik)

Theoretisch ist die Frage interessant, ob bei dieser Koordinationsdynamik-Therapie alleine das verletzte ZNS hinreichend reorganisiert werden kann. Wenn dies der Fall ist, dann bedeutet das, dass die Therapie zur Verbesserung der Koordinationsdynamik, das heisst die Therapie des Organisationsprinzips des ZNS, wichtiger ist als diejenige von Automatismen und Bewegungen. Erste Ergebnisse zeigen, dass eine Koordinationsdynamik-Therapie eine wesentliche Verbesserung der Funktionen des ZNS bewirkt. Aber wahrscheinlich werden nur jene Regelprozesse optimiert, die auch trainiert werden. Zwar ist die Anzahl der möglichen Bewegungen bei den Geräten der *Abb. 36A–D* sowie der *Abb. 37E* gross, aber zusätzliche Bewegungen werden notwendig sein, um das ZNS in seiner Funktion global zu erfassen.

Ankopplung von Gliedmassenbewegungen an höhere Funktionen (Kopplung von Bewegungen an Sprach- und Musikrhythmus unter Sichtkontrolle)

Zusätzlich zum Training der exakten Koordination von Bein-, Fuss-, Zehen-, Arm-, Hand-, Finger- und Rumpfbewegungen, sollten auch die koordinierten Bewegungen der Gliedmassen an höhere geistige Funktionen angekoppelt werden. Die koordinierten Drehbewegungen könnten unter Musik ausgeführt werden und somit mit einem Musikrhythmus koordiniert werden. Eine Koordination mit der Sprache (zum Beispiel zählen der Anzahl der Umdrehungen) kann zum Sprachtraining genutzt werden.

Beidseitige Kleinhirnverletzung

Bestimmte koordinierte Bewegungen können auch mit Musik- und anderen Instrumenten an höhere geistige Funktionen, das heisst Teilnetzwerkzustände für Sprache und Musik, angekoppelt werden. Ein musikbegabter Patient mit einer Hemiparese links und Sprachstörungen (skandierende Sprache) nach einer beidseitigen Kleinhirnverletzung, kann durch Klavierspielen und gleichzeitiges Singen Teilnetzwerkzustände für Fingerbewegungen an Netzwerkzustände für

Anmerkung zu Abb. 37E–H: E: Koordinationsdynamik-Therapiesysteme für Kinder (links) und Säuglinge (rechts).
F: Patient beim Gehen in interpersoneller Koordination mit dem Autor G. S. Beide Beine und rechter Arm bewegen sich in Koordination mit dem Trainer. Der linke, noch etwas spastische Arm bewegt sich nur wenig in Koordination. Das linke Knie wird hier beim Gehen überstreckt.
G: Patient beim gebeugten Gehen (eine Art Entengang) in mässiger interpersoneller Koordination mit dem Autor G.S. (geht als Vorbild auch gebeugt), um ein Überstrecken des linken Knies zu vermeiden. Der Kopf ist nach links gebeugt, weil der linke Musculus sternocleidomastoideus immer noch spastisch ist. Linke Schulter-, Ellbogen- und Handgelenke mehr gebeugt als rechts wegen teilweiser Spastik.
H: Patient auf einem Ball liegend; durch die Mutter gestützt. Durch Vergleich mit der rechten Hand ist zu sehen, dass die linke Hand (gebeugtes Handgelenk) und die linken Finger (gebeugte Finger) noch etwas spastisch sind. Der nicht sichtbare linke kleine Finger ist willkürlich noch nicht beweglich und ist kalt (Störung des somatischen und vegetativen Nervensystems (gestörte Temperaturregelung oder Blutversorgung).

Abb. 38: **58jähriger Patient nach beidseitiger Kleinhirnverletzung bei der Koordinationsdynamik-Therapie zur Verbesserung der Sprachmuskulatur und der Fingerbewegungen.**

Sprachbewegungen und Musikverständnis ankoppeln. *Abb. 38* zeigt den 58jährigen Patienten, welcher das Achttonlied «Guten Abend, gute Nacht...» mit der rechten «guten» Hand spielt. Die linke Hand spielt das Lied synchron mit; das heisst beide Hände drücken die Klaviertasten in Phase (bezüglich der Finger spiegelbildlich). Das noch sehr gut funktionierende musikgeschulte Gehör beurteilt die Gleichzeitigkeit der Klaviertöne, ausgelöst von der rechten und linken Hand, und aktiviert, wenn notwendig, Korrekturen, um das synchrone Drücken der Tasten zu verbessern. Die «schlechte» linke Hand wird an die «gute» rechte Hand angekoppelt. Der Patient schaut konzentriert auf die linken, «schlechter» funktionierenden Finger, um die Ankopplung (Synchronisierung) an die rechten Finger zu verbessern. Die symmetrischen Fingerbewegungen, bei gleichzeitiger erhöhter Konzentration auf die linken Finger, bringt auf lange Sicht mehr Willkürkontrolle zu den linken Fingern; die linke «schlechte» Hand wird an die «gute» rechte Hand angekoppelt. Nach Aussage des Patienten, muss er sich bei dieser Art des Klavierspielens zusätzlich auf die zwei teilweise unabhängigen Bewegungen der rechten und linken Hand konzentrieren. Er trainiert also auch zwei unabhängige Bewegungen. Dies ist für viele Patienten schwierig, da das verletzte ZNS kompensatorisch ausgedehnte Hirnteile heranziehen muss und damit etwas überlastet ist, da die spezifischen Hirnareale für die effektive Aktivierung der Finger teilweise zerstört sind. Erst wenn die wiedererlernten Bewegungen als Automatismen abgespeichert werden (Integration auf niederer Ebene), tritt Entlastung des Grosshirns ein. Die Bewegungen werden wieder unwillkürlich, so ähnlich wie beispielsweise das Gangschalten oder Lenken beim Autofahren. Das Spielen des Liedes realisiert koordinierte Bewegungen von höchster Komplexität und koppelt die Teilnetzwerkzustände für die Fingerbewegungen an Netzwerkzustände für das Musikverständnis an. Auch die Teilnetzwerkzustände für die Sehfähigkeit werden durch die konzentrierten Beobachtungen der Finger trainiert. Das Klavierspielen mit synchronen Handbewegungen und gleichzeitigem Singen des Liedes realisiert eine Koordinationsdynamik-Therapie auf höchster Stufe *(Abb. 38).* Das Singen ist wahrscheinlich günstiger bei der Koordinationsdynamik-Therapie als das Sprechen, weil das Musikempfinden im Kortex weniger stark lokalisiert ist als das Sprechen der Muttersprache. Später erlernte Sprachen sind anders gespeichert als die Muttersprache [23]. Durch das Spielen der Tonleiter auf dem Klavier und dem Mitsingen der Töne können Fingerbewegungen in Phase und in Gegenphase (spiegelbildliches Spielen) trainiert werden. Das Schreiben auf der Schreibmaschine oder dem Computer bei gleichzeitigem Sprechen der Silben könnte auch etwas Finger- und Sprachmotorik trainieren.

Die Koordinationsdynamik des ZNS kann am effizientesten therapiert werden, wenn die Koordination möglichst vielseitig und integrativ durchgeführt werden kann. Gesunde Netzwerkteile «sagen» den verletzten Netzwerkteilen, dass sie sich anzupassen und was sie zu leisten haben.

Poliomyelitis

Eine 37jährige Patientin erkrankte vor 36 Jahren an Kinderlähmung. Die Folge war eine Paraplegie der Beine (Schädigung der Motoneurone sub Th 10) und eine leichte Schwächung des rechten Armes. Eine Koordinationsdynamik-Therapie wurde begonnen, um das Gehen wieder zu ermöglichen, obwohl sich bei der Patientin seit 36 Jahren keine Anzeichen von Muskelaktivität in den Beinen gezeigt hatten. Nach vierwöchiger Koordinationsdynamik-Therapie (3- bis 5mal pro Woche, 3 Stunden pro Tag) zeigten sich erste Beinbewegungen, die mit geringen Muskelkräften ermöglicht wurden. Die durchgeführte Koordinationsdynamik-Therapie fand in liegender Stellung statt *(Abb. 39 A, B).* Wie in *Abb. 39* gezeigt ist, konnte auch die wiedererlangte elektrische Muskelaktivität in den vormals plegischen Beinen gemessen werden. In *Abb. 39 A* ist die Patientin bei der Therapie mit den Oberflächenelektroden-Zuleitungen zu sehen. Nach einer Vorverstärkung (1000x) wurde die elektrische Aktivität auf einem Sichtgerät (Kathodenstrahloszillograph) dargestellt. Mittels eines Videogerätes konnte weiterhin die elektromyographische Aktivität vergrössert werden und damit für die Patientin vom Therapiegerät aus sichtbar, auf einem grossen Sichtgerät (Fernseher) dargestellt werden *(Abb. 39 B).* Die Patientin konnte damit ihre eigene elektrische rhythmische Beinaktivität (und Armaktivität) bei der Rhythmustherapie beobachten (Bio-feedback). Der Ausdruck vom Kathodenstrahloszillographen *(Abb. 39 C)* zeigt die gemessene elektromyographische Aktivität genauer. Der untere Strahl zeichnete die rhythmische Aktivität des rechten Musculus biceps brachii; der obere Strahl registrierte die rhythmische Aktivität des Musculus quadriceps femoris (vastus medialis). Obwohl wegen der nicht identischen Ableitbedingungen die Amplituden der elektrischen Aktivität der beiden Strahlen nur näherungsweise vergleichbar sind, so deutet der starke Unterschied in den Amplituden doch auf einen prinzipiellen Unterschied bei den innervierenden Motoneuron-Typen hin. Die elektrische Aktivität des Quadriceps femoris (oberer Strahl) hat eine Amplitude von etwa 15 µV (15 mV / 1000) und die Aktivität des Biceps femoris eine Amplitude bis zu 1,5 mV (1,5 V / 1000). Der Amplitudenunterschied wird wohl nicht ganz einen Faktor 100 betragen, sondern nur zwischen 10 und 100 liegen, weil einerseits die Ableitbedingungen

Anmerkung zu Abb. 38: Der Patient spielt das Lied «Guten Abend, gute Nacht...» synchron mit der linken und der rechten Hand, um die linke «schlechte» Hand an die rechte «gute» Hand anzukoppeln. Der Patient singt und spielt das Lied, um die Aktivierung der Sprachmuskulatur mit den Fingerbewegungen zu koordinieren.

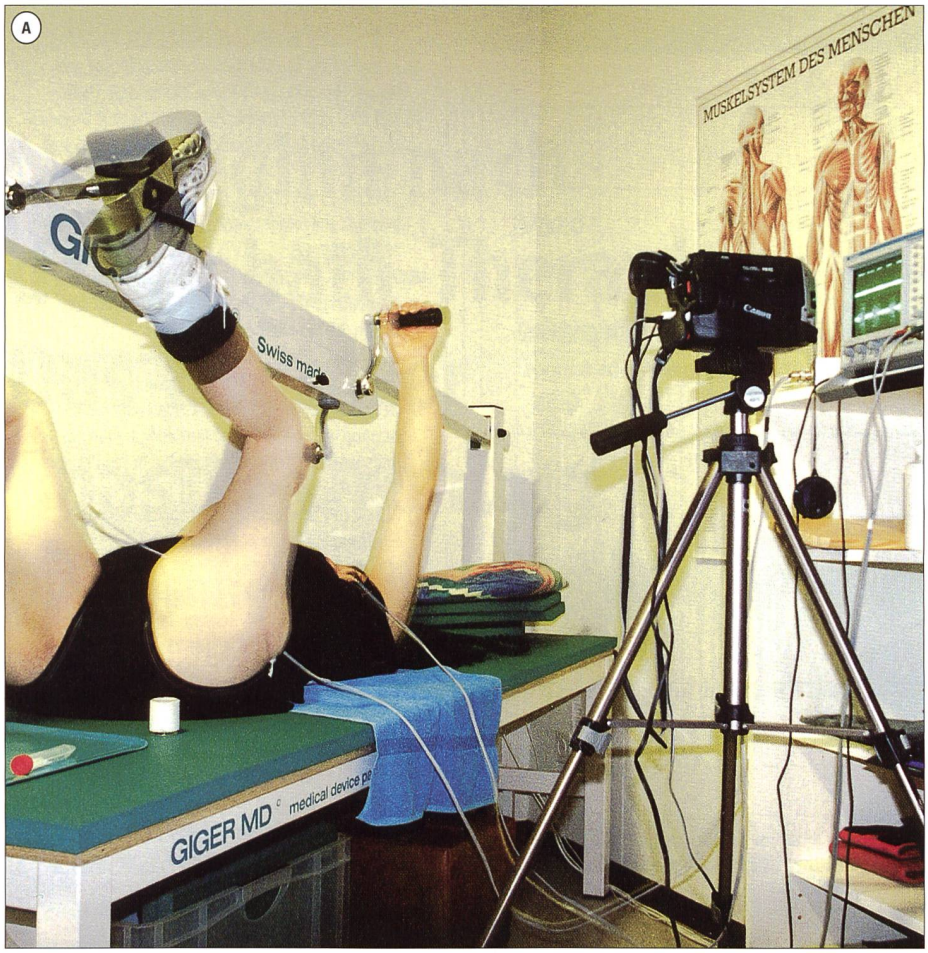


Abb. 39A: **37jährige Patientin während der Koordinationsdynamik-Therapie.**

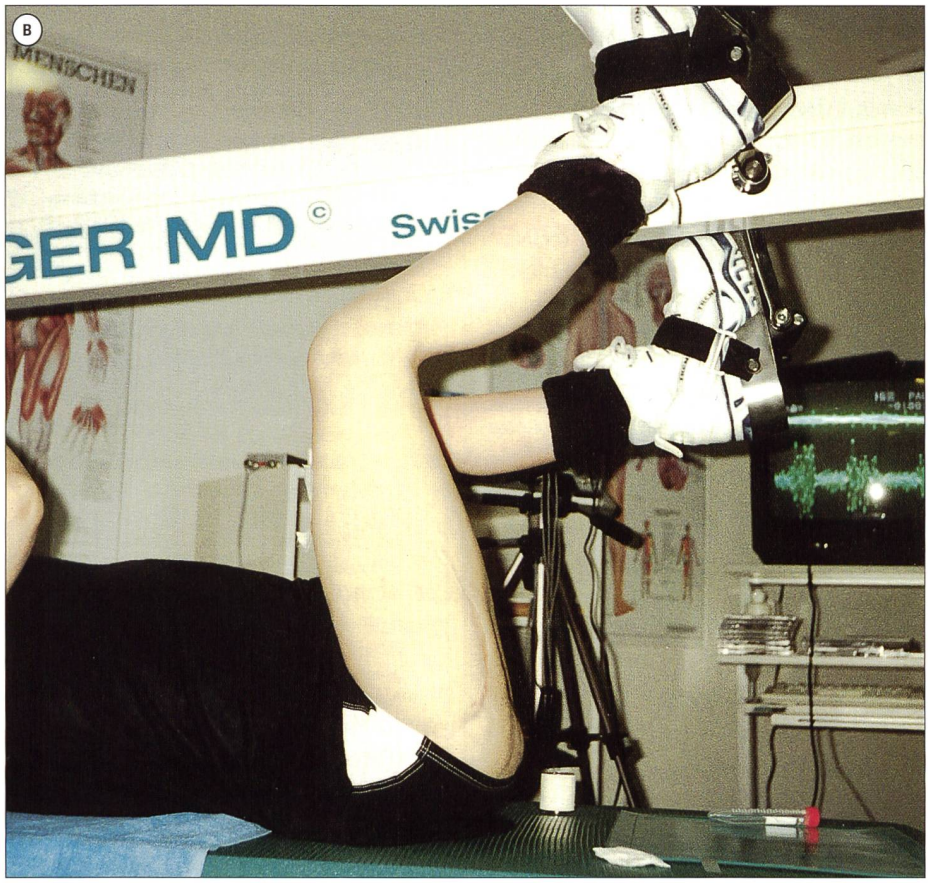


Abb. 39B: **Patientin bei der Therapie, Fernseher mit EMG-Bild im Hintergrund.**

unterschiedlich sein können und weil andererseits die Überlagerungen bei der höheren Aktivität auf dem unteren Strahl Anlass zu grossen Additionspotentialen gegeben haben können. Ein Unterschied von mindestens einem Faktor 10 kann mit Sicherheit angenommen werden. Solch ein Unterschied in den EMG-Amplituden kann kaum mittels der Atrophie von Muskelfasern erklärt werden, weil einerseits der Unterschied nicht so gross sein sollte und andererseits die reaktivierten Muskelfasern schon mehrere Wochen einem intensiven Training unterlagen. Sie sollten also gar nicht mehr oder nur noch sehr wenig atrophiert sein.

Wahrscheinlich ist, dass die reaktivierten Muskelfasern in den vormals plegischen Beinen von α_3-Motoneuronen aktiviert wurden, welche zum ATP-ase Typ I gehören (rote Muskelfasern) *(siehe Abb.7 von Ref.7)*. Dies ist anzunehmen, da die α_3- Motoneurone klein sind und nur kleine Muskelaktionspotentiale erzeugen *(Abb. 9 auf Seite 139 der Ref. 5)*. Dieses Amplitudenargument wird durch folgendes Reorganisationsargument gestützt. Da die α_3-Motoneurone (S) oder oszillatorisch feuernde α_3-Teilnetzwerke polimodal (unspezifisch) erregt werden, unterliegen sie einer viel grösseren Vernetzung im ZNS als beispielsweise α_1-Motoneurone (FF), die die weissen Muskelfasern innervieren. Nach einer Zerstörung von Motoneuronen und Netzwerken des ZNS nach Poliomyelitis sollten bei einer Reorganisation daher am ehesten die Poliomyelitis überlebenden α_3-Motoneurone zur Funktion rekrutiert werden können, weil sie am stärksten im ZNS vernetzt sind.

Auch bei einer 30jährigen Patientin mit einer klinisch kompletten Rückenmarkverletzung sub Th 12 zeigten sich bei der durch die Therapie bedingten Absenkung des Verletzungsniveaus

Anmerkung zu Abb. 39 A: 37jährige Patientin während der Koordinationsdynamik-Therapie. Oberflächen-Ableitelektrodenzuleitungen sichtbar (undifferente Ableitung). Rechts oben im Bild ist der Kathodenstrahloszillograph sichtbar: oberer Strahl = Quadriceps femoris, unterer Strahl = Biceps brachii. Vor dem Oszillographen ist eine Videokamera aufgestellt, die das Oszillographenbild aufnimmt und vergrössert auf einem Fernseher wiedergibt.

B: Patientin bei der Therapie, Fernseher mit EMG-Bild im Hintergrund.

C: EMG-Ausdruck vom Kathodenstrahloszillographen. Die rhythmische Aktivität vom Musculus biceps brachii (unterer Strahl) und Quadriceps femoris (vastus medialis, oberer Strahl) ist sichtbar. Die Aktivitätsamplituden vom Biceps brachii sind auf der Aufzeichnung etwa 100 mal grösser als die vom Quadriceps femoris. Die EMG-Aktivität des Biceps brachii rührt von der weissen Muskulatur (FF-Typ [schnell] oder IIB-Typ [ATP-ase]) her, weil jene Muskelfasern die grössten Aktionspotentiale erzeugen. Die EMG-Aktivität des Quadriceps femoris stammt wahrscheinlich von der roten Muskulatur (S-Typ [langsam], ATP-ase-Typ I). Jene Muskelfasern erzeugen Aktionspotentiale mit den kleinsten Amplituden.

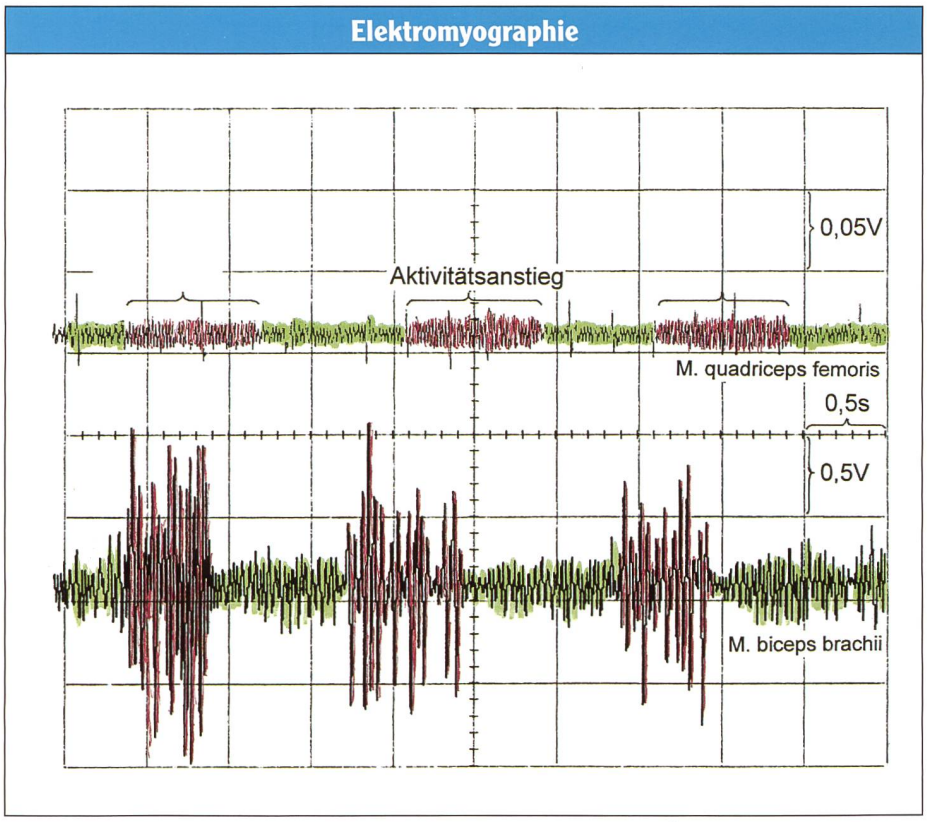


Abb. 39C: **Elektromyographie (EMG) von einem reaktivierten Muskel (Quadriceps femoris rechts) nach Poliomyelitis im Vergleich zu einem nur wenig von Poliomyelitis betroffenen Muskel (Biceps brachii rechts) während der Koordinationsdynamik-Therapie.**

auf L3 in den neu aktivierten Muskeln nur kleine bis sehr kleine EMG-Amplituden, was darauf hindeutet, dass von den Motoneuronen, die die traumatische Rückenmarkverletzung überstanden hatten, zuerst jene zur Funktion rekrutiert werden konnten, die am meistem Netzwerkverbindungen aufweisen, nämlich die α_3- und α_2-Motoneurone.

Die durchgeführte Elektromyographie bei der Patientin mit der durch die Therapie bedingten Wiedererlangung von Beinbewegungen spricht daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt mehr für eine durch die Reorganisation des ZNS bedingten Rekrutierung von durch die Poliomyelitis nicht zerstörten Motoneuronen als der Neurogenese von Motoneuronen.

Eine durch die intensive Koordinationsdynamik-Therapie induzierte Neurogenese ist bei der Patientin nicht möglich. Die Dauer der Neurogenese selbst liegt in der Grössenordnung von sechs Wochen. Dann müssten noch die Axone der neugebildeten Motoneurone in den Nerven zu den Muskeln wachsen, was in der Grössenordnung von einem Jahr dauern würde, da die Axone beim Menschen 1 bis 2 mm pro Tag wachsen, und dann müssten noch funktionierende motorische Endplatten gebildet werden. Verbesserungen der Beinfunktionen bei der Patientin, bedingt durch eine induzierte Neurogenese von Motoneuronen, könnte sich nach ein bis zwei Jahren bei fortdauernder Therapie einstellen. Es ist möglich, dass sich in den vergangenen 36 Jahren bei der Patientin neue Motoneurone gebildet haben und auch Neurite (Axone, Dendriten) ausgewachsen sind und dass sich keine Funktion in den Beinen eingestellt hat, weil keine effiziente intensive Therapie stattfand. Die «adaptive Maschine» ZNS war nicht unter Zwang gesetzt worden, sich zu verändern durch Anpassung an die vorgegebene Instruktion durch die Therapie. Ein gesundes Kind, welches nicht zur Schule geht und nicht lernt, wird auch nicht Lesen, Schreiben, Mathematik und Physik lernen, obwohl in seinem ZNS alle neuronalen Voraussetzungen dafür vorhanden sind.

Die intensive Koordinationsdynamik-Therapie wird bei der Patientin fortgesetzt. Ob sie das Gehen wiedererlangt, ist unklar. Aber gewinnen wird sie bei der Therapie bestimmt, da sich schon jetzt die vegetativen Funktionen (warme Beine (Blutversorgung, Hauttrophik) in den Beinen wesentlich verbessert haben. Auch höhere mentale Funktionen haben sich während der Therapie verbessert; sie fühlt sich in ihrem Nervensystem besser und hat keine Angstzustände mehr. Vor der Therapie kamen in ihr Ängste auf, wenn sie unter der Dusche war, und sie traute sich mit dem Auto nicht aus dem Dorf zu fahren.

REFERENZEN

1) *ARBIB M. A.:* The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT Press, Cambridge, 1995.
2) *KELSO J. A. S.:* Dynamic Patterns. The Self-Organization of Brain and Behavior. MIT Press, Cambridge, 1995.
3) *THELEN E., KELSO J. A. S., FOGEL A.:* Self-organizing systems and infant motor development. Dev. Rev. 1987, 7: 39–65.
4) *THELEN E. and SMITH L. B.:* A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action, MIT Press, Cambridge, 1994.
5) *SCHALOW G. and ZÄCH G. A.:* Spinal locomotion. Gen. Physiol. Biophys. 1996, 15 (Suppl. 1): 1–220.
6) *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.
7) *SCHALOW G.:* Oszillator-Formationstraining – Ein Tetraplegiker lernt Rennen, Teil 1. «Physiotherapie» 1998; 3: 9–20.
8) *SCHALOW G.:* Oszillator-Formationstraining – Ein Tetraplegiker lernt Rennen, Teil 2. «Physiotherapie» 1998; 4: 18–26.
9) *SCHALOW G., MOLNAR G., RÖYTTÄ M. and ZÄCH G. A.:* Koordinationsdynamik-Training, Teil 1, 1998; 5: 3–14.
10) *SCHALOW, G., MOLNAR, G., RÖYTTÄ M. and ZÄCH G. A.:* Koordinationsdynamik-Training, Teil 2, 1998; 6: 3–17.
11) *LAMBERTZ M. and LANGHORST P.:* Simultaneous changes of rhythmic organization in brainstem neurons, respiration, cardiovascular system and EEG between 0.05 Hz and 0.5 Hz. J. Auton. Nerv. Syst. 1998, 68: 58–77.
12) *BÖHM H., EITNER P. und HEINZEL H. G.:* Neuronale Netze des Magnetsystems bei Krebsen als Modell in den Neurowissenschaften. Neuroforum 1998, 4: 275–282.
13) *KEMPERMANN G., KUHN H. G. and GAGE F. H.:* More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. Nature 1997, 386: 493–495.
14) *ERIKSSON P. S., PERFILIEVA E., BJÖRK-ERIKSSON T., ALBORN A. M., NORDBORG C., PETERSON D. A. and GAGE F. H.:* Neurogenesis in the adult human hippocampus 1998, Nature Medicine, 4: 1313–1317.
15) *EDITORIAL NATURE MEDICINE:* Take comfort in human neurogenesis, Nature Medicine 1998, 4: page 1207.
16) *RAKIC P.:* Young neurons for old brain. Nature Neurosciences 1998, 1: 645–647.
17) *SCHALOW G:* Spinal oscillators in man under normal and pathologic conditions. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1993, 33: 409–426
18) *PEIPER A.:* Cerebral functions in infancy and childhood. Consultants Bureau, New York, 1961.
19) *BOBATH B.:* Abnormal Postural Reflex Activity Caused by Brain Lesions. William Heinemann Medical Books Limited, London, 1985.
20) *SCHMIDT R. C., CARELLO C. and TURVEY M. T.:* Phase transition and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. J. Exp. Psychol.: Human Perception and Performance 1990, 16: 227–247.
21) *COTTA H.:* Orthopädie. Thieme Verlag, Stuttgart, 1978.
22) *FREUND H.-J.:* Remapping the brain. Science 1996, 272: 1754.
23) *KIM K. H. S., RELKIN N. R., LE K.-M. and HIRSCH J.:* Distinct cortical areas associated with native and second languages. Nature 1997, 388: 171–174.