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

Artikel: Koordinationsdynamik-Therapie (Teil III)
Autor: Schalow, Giselher / Zäch, Guido A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929417

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: 13.07.2025

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

PRAXIS

Koordinationsdynamik-Therapie (Teil III)

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.

Einleitung und Grundlagen

1. Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Neurowissenschaften als Basis für die Neurorehabilitation

I. Das neue Verständnis von der Funktionsweise des menschlichen Nervensystems, nämlich dass sich die neuronalen Netzwerke des ZNS aufgrund des afferenten Inputs selbst organisieren [1–4, 9 *(Abb. 19)*] und dass diese Selbstorganisation veränderbar ist, hat direkte klinische Konsequenz. Aus der Veränderbarkeit der Selbstorganisation folgt, dass nach Verletzung von einer viel grösseren Plastizität des ZNS ausgegangen werden kann, als bisher angenommen wurde. Der Paradigmenwechsel im Verständnis der Organisation des ZNS von einer mehr festen Verschaltung der Neurone hin zur Selbstorganisation der neuronalen Netzwerke hat direkte Konsequenz bei der Neurorehabilitation.

II. Es ist im menschlichen Nervensystem gemessen worden, dass Motoneurone, aktiviert durch die Impulsmuster des afferenten Inputs aus der Peripherie und/oder der deszendierenden Bahnen, bei hoher Erregung rhythmisch feuern. Es ist weiterhin gemessen worden, dass die Motoneurone, die wahrscheinlich ein Teil von prämotorischen rhythmisch schwingenden neuronalen Teilnetzwerken sind (prämotorische Oszillatoren), nach ZNS-Verletzung weniger rhythmisch feuern [17] und dass die Phasenrelationen der Rhythmuskopplungen dieser prämotorischen Oszillatoren an Spezifität verlieren [5]. Therapien im Sinne eines Rhythmus-Trainings sollten daher die rhythmischen Eigenschaften von prämotorischen Oszillatoren, einschliesslich der gegenseitigen Kopplungen untereinander, verbessern und das verletzte ZNS in der Funktionsweise derart verändern, dass im ZNS wieder physiologische Bewegungen erzeugt werden und autonome und höhere mentale Funktionen verbessert werden [7, 8]. Um selbstorganisierenden Untereinheiten von neuronalen Netzwerken, welche sich durch die Verletzung pathologisch organisieren, wieder zum spezifischen kooperativen und kompetitiven Koppeln zu veranlassen, muss eine Koordinationsdynamik-Therapie [9, 10] möglichst integrativ durchgeführt werden. Eine Oszillatorformations- und Koordinationsdynamik-Therapie unter Einschluss des Trainings des Gleichgewichtes sollte ein verletztes ZNS in seiner Funktion entscheidend verbessern können, so dass beim Patienten wieder physiologische somatische, autonome und mentale Funktionen erzielt werden.

III. Es wurde gezeigt, dass beim verletzten ZNS von Tier und Mensch verschiedene regenerative Prozesse, einschliesslich der Neubildung von Nervenzellen (Neurogenese), ablaufen. Es ist anzunehmen, dass phylogenetisch ältere Hirnstrukturen wie das Rückenmark, der Hirnstamm und das limbische System am stärksten spontanen Reparaturmechanismen unterliegen. Nachgewiesen wurde eine Neurogenese beim Menschen im Gyrus dentatus (Hippocampus) [14]. Dort wurde die Neurogenese von Nervenzellen auch beim Erwachsenen nachgewiesen. Aber Nervenzellen können auch wandern, und Neurite (Axone, Dendriten) können grosse Distanzen überwinden, so dass von der Lage einer neugebildeten Nervenzelle nicht unbedingt auf seine Funktion geschlossen werden kann.

2. Aus der Theorie abgeleitete Methoden, die den Fortschritt in der Neurorehabilitation ermöglichen

Die Methoden beinhalten (I) Rhythmustherapie (beispielsweise Springen auf dem Sprungbrett), (II) Koordinationsdynamiktherapie (beispielsweise «Air walking» im Strider), (III) die Nutzung von möglichst integrativen Automatismen des ZNS (beispielsweise Rennen), welche hauptsächlich in den neuronalen Netzwerken des Rückenmarkes lokalisiert sind, (IV) die Motivation, das instruierte motorische Lernen und die interpersonelle Koordination und (V) die Nutzung von alteingelernten Bewegungsmustern (beispielsweise Treppensteigen).

I. Eine *Rhythmustherapie* ist sinnvoll, weil sich nach ZNS-Verletzung die Rhythmizität der prämotorischen Oszillatoren und die Spezifität der relativen Kopplung (Phasenbeziehungen zwischen den Oszillatoren) zwischen den Oszillatoren stark verschlechtert haben. Das Organisationsprinzip des ZNS, nämlich spezifische Rhythmizität und wechselnde Rhythmuskopplungen zur Erzeugung von Automatismen (und nicht automatischen Bewegungen), muss restauriert werden.

II. Während der *Koordinationsdynamik-Therapie* «wechselwirken» mikroskopisch und makroskopisch die rhythmisch feuernden neuronalen Teilnetzwerke relativ koordiniert miteinander. Die relative Koordination wird auf Millisekunden genau durch proprio- und exterozeptiven koordinierten afferenten Input erzeugt, welcher durch die Therapiegeräte induziert wird. Die koordinierten integrativen Funktionen des ZNS sind durch die Verletzung teilweise verloren gegangen und müssen durch die Koordinationsdynamik-Therapie wieder erlernt werden. Hemiparetiker bewegen zum Beispiel auf der paretischen Seite nicht den Arm mit beim Gehen oder Rennen. Statt dessen geht der Arm in eine spastische Stellung. Ein Spezialfall der Koordinationsdynamik, nämlich die Rechts-Links-Koordination, kann bei der Mitbewegung eines «schlechten» Beines durch das «gute» Bein beim Schwimmen eindrucksvoll beobachtet werden *(Abb. 35)*.

Obwohl sich Rhythmuskopplung und Koordinationsdynamik inhaltlich teilweise überdecken, so sind doch beide Begriffe nicht identisch. Bei einer schweren Hirnverletzung können beispielsweise mehrere Areale des ZNS relativ physiologisch arbeiten, aber die koordinierten Funktionen der Gesamtheit können verloren gegangen sein,

so dass sich die Summe der Teile des ZNS sich etwa so verhalten, als wenn das ZNS auf einer niederen Entwicklungsstufe arbeiten würde.

III. *Integrative Automatismen,* wie beispiesweise das Gehen und Rennen, sind hauptsächlich im Rückenmark angelegt und können genutzt werden, um supraspinalen neuronalen Netzwerken «mitzuteilen», welche Funktionen sie wieder zu erlernen oder zu erbringen haben in der «Gemeinschaftsaufgabe Netzwerkorganisation mit physiologischem Output». Ein neugeborenes Kind kann bereits automatisch schreiten [8 *(Abb.13A)*]. Der Schreitautomatismus wird im wesentlichen vom afferenten Input der Füsse ausgelöst und organisiert sich in den neuronalen Netzwerken des Rückenmarkes. Anenzephale Neugeborene können ebenfalls automatisch Schreiten [18].
Bobath [19] und andere Therapeuten nutzten Automatismen und Reflexe, um das ZNS nach Verletzung zu reorganisieren. Das Rennen nimmt aber eine Sonderstellung ein. Einerseits wird es von einer sehr integrativen neuronalen Netzwerkorganisation erzeugt. Es schliesst unter anderem die Bewegung von Armen und Beinen ein und aktiviert Rumpfstabilität und Atmung. Alle Muskelaktivierungen sind koordiniert und rhythmisch. Andererseits ist der Schreitautomatismus schon vor der Geburt genetisch im ZNS angelegt, wird beim täglichen Gehen in abgewandelter Form benutzt und gilt auf Lebenszeit im Rennen als Fluchtautomatismus. Löst man bei Erwachsenen an sensibilisierten Druckpunkten rhythmische Bewegungen aus, so müssen die rhythmischen Körperbewegungen bei der Reorganisation des ZNS nicht förderlich sein, denn die rhythmischen Bewegungen müssen auch auf das Erlernen von physiologischen Bewegungen gerichtet sein. Das ZNS muss instruiert werden, wie es sich umzuorganisieren hat. Als «adaptive Maschine» ist das ZNS im guten wie im schlechten Sinne veränderbar.
Bei einer Reorganisation des ZNS ist es von entscheidender Wichtigkeit, mit welcher Effizienz das ZNS reorganisiert wird, damit eine Verbesserung der Funktionen des ZNS in absehbarer Zeit erreicht werden kann, denn das motorische Lernen und die Reorganisation benötigen viel Zeit, ähnlich dem Lernen in der Schule. In erster Näherung ist die Effizienz der Umorganisation des ZNS proportional der Anzahl der Bewegungen oder Muskelaktivierungen pro Therapiezeit!

IV. *Motivation, instruiertes motorisches Lernen und interpersonelle Koordination.*
a. Der Patient muss fortdauernd in seiner Motivation gestärkt werden, damit er intensiv und ausdauerd trainiert. Die Möglichkeit zur Motivation ist oft gut, weil der Patient durch die ZNS-Schädigung besonders «anlehnungsbedürftig» ist. Trotzdem bleibt die Motivation des Patienten zum motorischen Lernen ein grosses Problem, speziell wenn die Patienten durch die ZNS-Schädigung antriebsgemindert sind.

b. Der Patient braucht die Therapeutin für das instruierende motorische Lernen. Bei den rhythmischen Bewegungen werden schwach ausgeführte Bewegungen in der Ausführung und Stärke durch rhythmische Befehle verbessert, welche zu den Bewegungen koordiniert sein müssen. Das selbstinstruierende Lernen scheint genauso wirksam zu sein. Der Patient gibt dabei seinen Körperteilen selbst die Befehle zur Ausführung der Bewegungen, welche er mit der willentlichen Ausführung koordinieren muss.

c. Der Patient braucht die Therapeutin für die interpersonelle Koordination [20], um ein Vorbild für den richtigen Bewegungsablauf zu haben. Die interpersonelle Koordination zwischen Patient und Therapeutin findet auf niederer Organisationstufe des ZNS statt und bedarf daher keiner besonderen Konzentration durch den Patienten. Nur die Therapeutin muss im Blickwinkel des Patienten sein, und der Patient muss die Therapeutin hören und/oder fühlen können.

d. Der Patient bekommt gefühlsmässige Hilfe, um mit dem geschädigten ZNS zurechtzukommen. Das schlechte Funktionieren des ZNS bereitet dem Patienten Angst.

V. *Alteingelernte Bewegungsmuster,* die integrativ auf niederer Organisationsstufe des ZNS gespeichert sind, sind bei einer lokalen traumatischen Schädigung wahrscheinlich auch nur wenig geschädigt. Das Training von solchen alteingelernten Bewegungsmustern sollte hilfreich sein, den verletzten ZNS-Teilen zu «sagen», was sie wieder zu erlernen haben. Ein tetraparetischer Patient nach zervikaler Rückenmarkverletzung konnte aufgrund seiner Verletzung kaum den Tennisschläger halten, aber wenn er den Ball traf, dann erreichte der Ball auch das gewünschte Ziel. Eine vergleichbare Qualität könnte er nach der Verletzung als Anfänger beim Tennis spielen nur schwerlich erreichen.

Erklärung der Koordinationsdynamik

Das Koordinieren von Körperteilen (zum Beispiel Arme und Beine) und Teilnetzwerken ist dann am wirkungsvollsten, wenn es auf Millisekunden genau ist. Dies soll hier plausibel erklärt werden. Die Motoneurone und Interneurone werden von afferenten Aktionspotentialen dann am ehesten zur Erregung gebracht, wenn die postsynaptischen Potentiale dieser Input-Aktionspotentiale das Motoneuron gleichzeitig depolarisieren (erregen). Die Neurone arbeiten als Koinzidenzdetektoren. In *Abb. 34* ist das gleichzeitige und nicht gleichzeitige Eintreffen der postsynaptischen Potentiale dargestellt. Treffen die afferenten Potentiale annähernd gleichzeitig ein, dann erreicht die Summe der Depolarisationen die Erregungsschwelle des Motoneurons, und ein Aktionspotential wird am Axonhügel ausgelöst. Das Aktionspotential läuft dann entlang des Axons zu den Muskelfasern. Treffen die hier angenommenen drei postsynaptischen Potentiale statistisch verteilt auf die Dendriten des Motoneurons, dann findet keine Überlagerung und Addierung der postsynaptischen Potentiale statt. Die Erregungsschwelle des Motoneurons wird nicht erreicht und damit auch kein Motoneuron-Aktionspotential am Axonhügel ausgelöst. Also das gleichzeitige, oder verallgemeinert gesagt, koordinierte Eintreffen der afferenten Erregungen ist für die Erregungserzeugung und damit Weiterleitung wesentlich. Das bevorzugte Weiterleiten von gleichzeitigen oder koordinierten zeitlich und räumlich verteilten Impulsen wird wahrscheinlich auch in Netzwerken durchgeführt, denn gleichzeitig auftretende Ereignisse bringt der Mensch automatisch in kausalen Zusammenhang. Wenn nun die Bewegungen von Armen und Beinen absolut koordiniert bewegt werden, dann ist die additive Überlagerung von postsynaptischen Potentialen des afferenten Inputs an den Motoneuronen und Interneuronen viel wahrscheinlicher als bei nicht koordinierten Bewegungen. Diese auf Millisekunden genaue Koordination kann meist nur von Koordinationsdynamik-Geräten erzielt werden. Ein Kind mit einer Zerebralparese muss das koordinierte Bewegen von Armen und Beinen wieder erlernen. Wenn es das koordinierte Krabbeln nicht schafft, dann ist das Setzen der Arme und Beine durch die Therapeutin zwar ein Muskeltraining, aber nicht ein Training der Koordination der Arme und Beine, weil es der Therapeutin nicht gelingt, die Arm- und Beinbewegungen auf Millisekunden genau beim Kind zu koordinieren. Ein nicht bewegter Arm kann so durch Training nicht an die Bewegung der anderen Gliedmassen angekoppelt werden. Die afferenten Impulse treffen auf die Motoneurone und Interneurone zu wenig koordiniert ein, so dass eine erregende (oder hemmende) Koordinierung und damit Kopplung nicht stattfindet. Ein Gerät, das den Armen und Beinen aktiv und passiv assistive Komplexbewegungen sehr genau ermöglicht, könnte eine erregende Kopplung erreichen (Überschreiten der Erregungsschwelle). Das hier vorgestellte Bewegungsgerät (siehe unten) erreicht eine Koordination zwischen Arm- und Beinbewegungen auf einige Millisekunden genau und ist daher sehr geeignet, die Koordination von Armen

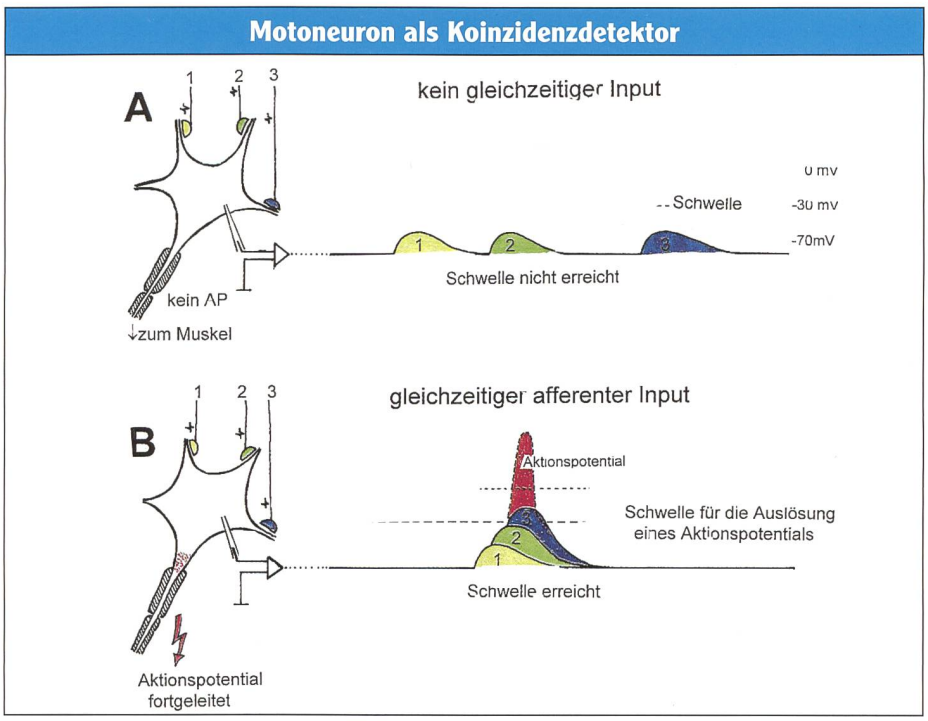


Abb. 34: **Motoneuron als Koinzidenzdetektor. A: Afferenter Input trifft nicht gleichzeitig am Motoneuron ein. Ein Aktionspotential (AP) wird nicht ausgelöst. B: Afferente Aktionspotentiale in den Fasern 1, 2 und 3 treffen etwa gleichzeitig beim Motoneuron ein. Das Motoneuron wird bis über die Schwelle bei etwa -30 mV depolarisiert und ein Aktionspotential wird am Axonhügel ausgelöst und im Axon fortgeleitet.**

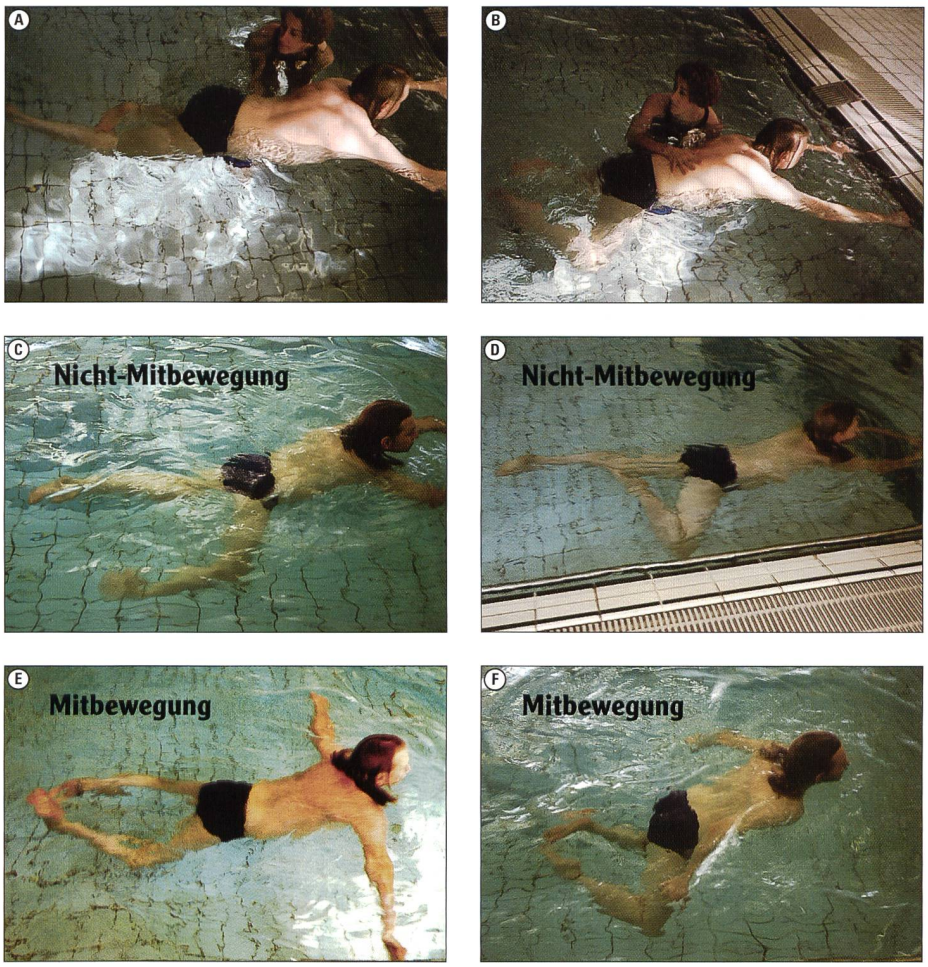


Abb. 35: **Mitbewegung (B, E, F) und Nicht-Mitbewegung (A, C, D) eines Beines bei einem 40 Jahre alten Patienten 5 Jahre nach einer tetraparetischen Rückenmarkverletzung (ein Baum fiel ihm während der Arbeit auf den Rücken).**

und Beinen zu trainieren, um so einen nicht bewegten Arm an die Bewegungen des anderen Armes und der Beine anzukoppeln. Der Patient muss beim Bewegen erfühlen, wie er seine Gliedmassen aktivieren muss, um die Drehbewegungen harmonisch auszuführen.

Es sei hier aber darauf hingewiesen, dass die Erklärung der Koordinationsdynamik mittels der Koinzidenzeigenschaften (beispielsweise Motoneuronen) nur eine plausible ist, denn neuronale Netzwerke können Eigenschaften entwickeln, die nicht direkt von den Eigenschaften der beteiligten Neurone abgeleitet werden können.

Mitbewegung von Gliedmassen, erzeugt durch den gleichzeitigen afferenten Input bei Berührung

Das Erzeugen von Mitbewegungen, das heisst zum Beispiel das Mitbewegen eines «schlechten» Beines durch das «gute» Bein, wird ebenfalls durch den genau gleichzeitigen afferenten Input erreicht. Das Mitbewegen ist somit ein Spezialfall der Koordinationsdynamik und soll hier an einem eindrucksvollen Beispiel dargestellt werden.

Ein 40jähriger tetraparetischer Patient infolge einer zervikalen Rückenmarkverletzung konnte fünf Jahre nach dem Unfall nur wenig schwimmen, weil die Armkraft aufgrund der Tetraplegie zu gering war und weil sich beim Schwimmen nur ein Bein bewegte *(Abb. 35 C, D)*. Mit der Instruktion, dass der Patient die Beine vor der Flexion schliessen sollte, beugte sich das rechte Bein ebenfalls stark *(Abb. 35 E, F)*, zum ersten Mal nach fünf Jahren. Nach 10 bis 20 Schwimmbewegungen beugte sich das rechte Bein schon ein wenig, auch wenn sich beide Beine vor der Beugung nicht berührten. Das ZNS hatte also schnell gelernt. Die Beugung und Nicht-Beugung des rechten Beines konnte während des freien Schwimmens *(Abb. 35 E, F, C, D)* und während der Schwimmbewegungen nur der Beine *(Abb. 35 B, A)* beobachtet werden. Dies bedeutet, dass die Mitbewegungen hauptsächlich im neuronalen Netzwerk für die Beine in der Intumescentia lumbosacralis erzeugt wurden. Der Patient konzentrierte sich auf das Schliessen der Beine vor der

Anmerkung zu Abb. 35: Der Patient schwamm die 5 Jahre nach dem Unfall wie in C, D; ein Bein beugte er und das andere Bein hielt er unwillkürlich gestreckt, weil er die Beine nicht schloss (C) vor der Beugung (D). Wenn die Beine vor der Beugung sich berührten (E), dann beugten sich beide Beine (B, F). In diesen Fall war die Mitbewegung des rechten Beines ein Alles oder Nichts Phänomen, je nach dem, ob sich die Beine vor der Beugung berührten oder nicht. Die Mitbewegung des rechten Beines konnte während des freien Schwimmens beobachtet werden (C-F) oder wenn nur die Beine Schwimmbewegungen ausführten (A, B).

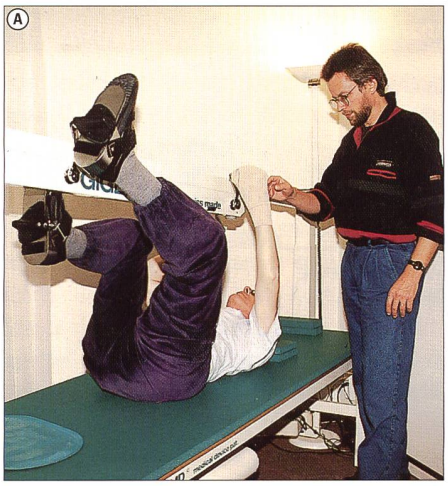
Beugung in der Weise, dass er sich vorstellte, dass er mit dem linken «besseren» Bein das rechte «schlechte» Bein mitnehmen würde. Dies war natürlich nur eine Vorstellungsstrategie, denn kräftemässig ist das nicht möglich. Bei ähnlichen Patienten wurden solche Mitbewegungen ebenfalls beobachtet, nur war die Mitbewegung meist nicht so stark ausgeprägt.

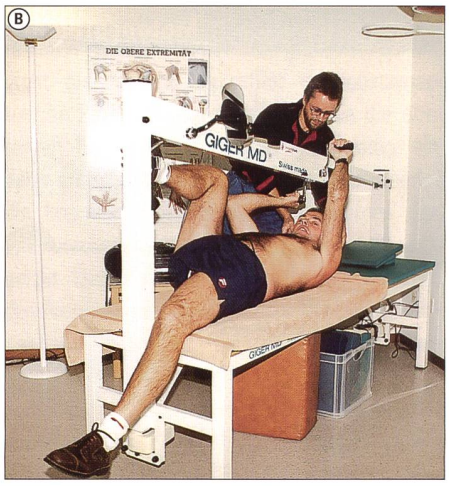
Automatismen und Koordinationsdynamik

Beim Training rhythmisch, dynamisch, koordinierter Bewegungen zur Reorganisation des ZNS wurden zwei Strategien eingeschlagen.
Bei der einen Strategie wurden im wesentlichen komplexe Automatismen im Rückenmark aktiviert (gestützt durch genetische Reparaturmechanismen, wenn das Rückenmark selbst geschädigt war), wie Gehen und Rennen, um die gestörten Funktionen zu restaurieren. Netzwerkinstruktionen, bewegungsinduzierter re-afferenter Input und visueller und auditiver Input wurden genutzt, um dem Rückenmark «mitzuteilen», was es wieder zu erlernen hat. Instruktionen und interpersonelle Koordination wurden beim instruktiven Lernen genutzt, einschliesslich höherer und niederer Ebenen der Integration. Das Training wurde hauptsächlich mit dem Laufband zum Gehen und Rennen, in Kombination mit dem Air-walker, durchgeführt, um auch die koordinierten Bewegungen von Armen und Beinen einzuschliessen.
Bei der anderen Strategie wurden primär Rhythmen, Rhyhmuskopplungen und Koordination trainiert. Der exakt synchronisierte afferente Input, erzeugt durch Springen auf dem Sprungbrett, sollte die durch die Verletzung gestörte Koordinationsdynamik des ZNS wieder restaurieren. Die eine Strategie benutzte also hauptsächlich fest eingebaute Netzwerkorganisationen, um das ZNS zu reorganisieren, während die andere Strategie die Wiederherstellung des Organisationsprinzips des ZNS in den Vordergrund stellte.

Therapie zur Koordination von Arm- Bein- und Rumpfbewegungen mit Geräten

Hier wird nun ein Gerät vorgestellt, bei welchem rhythmische Finger-, Hand-, Arm-, Zehen-, Fuss-, Bein- und Rumpfbewegungen sehr exakt koordiniert werden, damit die Koordinationsdynamik restauriert werden kann. Zusätzlich zu den gekoppelten Bewegungen der Beine und der Bewegungen der Arme führt der Patient zu den Gliedmassen koordinierte dreidimensionale Rumpfbewegungen aus, welche abwechselnd verschieden hohe Körpersegmente rekrutieren. Die dem





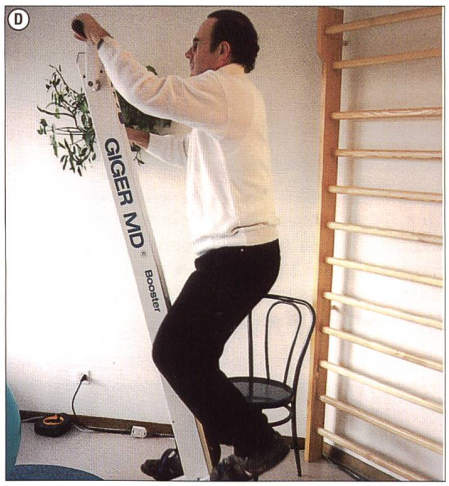


Abb. 36: **A: 70jähriger Patient nach einem Schlaganfall in einer Physiotherapiepraxis bei der Koordinationsdynamik-Therapie in liegender Stellung. Nach Einstellung des Gerätes überwacht der Therapeut (Thomas Nyffeler, diplomierter Physiotherapeut, Bahnhofstrasse 1, 6312 Steinhausen, Telefon 041 - 741 11 42) die Bewegungsausführung. Die linke paretische Hand des Patienten ist mit einer elastischen Binde angebunden. B: 48jähriger Patient bei der Dehnung des verkürzten Musculus iliopsoas. C: Patientin mit Haltungsproblemen bei sitzender Therapiestellung. D: Koordinationsdynamik-Therapiegerät in aufrechter Stellung, Autor G. S.**

Körper aufgezwungene Koordination der Gliedmassen und des Rumpfes sind in Übereinstimmung mit den Kopplungsmöglichkeiten der menschlichen α_1- (8–12 Hz), α_2- (6–9 Hz) und α_3-Oszillatoren (0,4–4 Hz) [6–8]. Der entscheidende Vorteil dieses Therapiegerätes ist, dass zu den Arm- und Beinbewegungen koordiniert dreidimensionale Bewegungen des Rumpfes ausgeführt werden können. Mittels der Koordinationsdynamik-Therapie können damit die Funktionen der Rumpfmuskeln verbessert werden. Bei fehlender Rumpfmuskelaktivität kann jene zur Funktion durch die Ankopplung an die Netzwerkzustände für die koordinierten Arm- und Beinbewegungen gebracht werden. Bei zu hoher Aktivität der Rumpfmuskeln (Spastik) können die versorgenden oszillatorisch feuernden Motoneurone in einer generalisierten Koordinationsdynamik in ihrer Aktivität regularisiert (gesenkt) werden. Partielle Rechts-Links-Ungleichheiten in der Aktivität der Rumpfmuskeln können zu verschieden starker Traktion an der Wirbelsäule führen und Anlass zu ZNS bedingten Skoliosen geben. Eine Verbesserung der Koordinationsdynamik bringt auch eine Verringerung der ZNS-bedingten Skoliosen.

Diese Koordinationsdynamik-Therapie ist in *Abb. 36* dargestellt. Der Patient führt in liegender Stellung Bewegungen aus. Sollte bei einem Hemiparetiker die eine Hand sich nicht halten können, so kann sie mit einer elastischen Binde befestigt werden, oder die Therapeutin kann sie halten und führen (gefühlsmässiges Zuwenden). Bewegungen können auch in aufrechter *(Abb. 36 D)* und sitzender Stellung *(Abb. 36 C)* ausgeführt werden. Die Rumpfbewegungen prägen sich dann aber anders aus.

In der nächsten «Physiotherapie» folgen Fallbeispiele zum diesem Thema