

<b>Zeitschrift:</b>	Physiotherapie = Fisioterapia
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
<b>Band:</b>	34 (1998)
<b>Heft:</b>	5
<b>Artikel:</b>	Koordinationsdynamik-Training : "Wiedererlernen des Rennens und der Kontinenz bei ZNS-Verletzung" (Teil 1)
<b>Autor:</b>	Schalow, G. / Molnar, G. / Röyttä, M. / Zäch, G.A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-929270">https://doi.org/10.5169/seals-929270</a>

### 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:** 03.02.2026

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

# Koordinationsdynamik-Training

## «Wiedererlernen des Rennens und der Kontinenz bei ZNS-Verletzung» (Teil 1)

**G. Schalow, Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil, CH-6207 Nottwil**

**G. Molnar, Neurologie und Rehabilitation, Universitätsspital Tampere, Finnland**

**M. Röyttä, Neuropathologie, Universitätsspital Turku, Finnland**

**G. A. Zäch, G.A. Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil, Klinikdirektor, CH-6207 Nottwil**

Das Koordinationsdynamik-Training stellt eine Weiterentwicklung des Oszillatorformations-Trainings (siehe «Physiotherapie» Nr. 3 und 4/98) dar. Bei der Reorganisation des zentralen Nervensystems (ZNS) werden neben den oszillatorisch feuernden neuronalen Teilnetzwerken auch jene Neurone eingeschlossen, die bei der kohärenten Organisation des ZNS nicht oder nur wenig rhythmisch feuern. Die bei der Kopplung und Koordination aktivierten neuronalen Netzwerke sollten möglichst ausgedehnt sein. Gekoppelte Arm- und Beinbewegungen sollen mit supraspinalen Zentren koordiniert werden, um das ZNS möglichst integrativ reorganisieren zu können. Durch stärkere Kopplung von somatischen und vegetativen Funktionen sollen auch Atem- und Harnblasenfunktionen verstärkt verbessert werden können. Unter Einschluss neuerer Erkenntnisse über genetische Reparaturmechanismen bis hin zur Neubildung von Neuronen im ZNS, einschliesslich Mensch, werden erfolgreich durchgeführte Reorganisationen des ZNS nach Verletzung verständlich (speziell die Therapie von jenen Verletzungen, die schon viele Jahre zurückliegen). Die Annahme, dass gewisse Ähnlichkeiten zwischen der Entwicklung des Kindes (Ontogenese) und der Reorganisation des ZNS nach Verletzung bestehen, erlaubt bei der Neurorehabilitation, Parallelen zur Ontogenese zu ziehen und sie bei den Therapiekonzepten zu berücksichtigen.

Ausgehend von den genetischen Reparaturmechanismen und der Ähnlichkeit zwischen der Ontogenese und der Reorganisation des ZNS nach Verletzung, wird ein Schema für das Koordinationsdynamik-Training (äussere Koordinationsdynamik) erarbeitet. Bei der Selbstorganisation des Rückenmarkes (innere Koordinationsdynamik) wird die Selbstorganisation von prämotorischen Oszillatoren genauer dargestellt, wie deren neuronale Netzwerke sich räumlich und zeitlich ausdehnen und wie der Verlust der Spezifität

durch zu geringe supraspinale Kontrolle (einschliesslich Hemmung) zur Überaktivierung neuronaler Netzwerke und Spastik führen kann. Nicht oszillatorisches Feuern und Kopplung von Oszillatoren werden behandelt. Nach der Darstellung von Koordinationsdynamik-Trainingseinrichtungen und Trainingsmethoden und deren Effizienz wird versucht, die Koordination von Arm- und Beinbewegungen beim «Air-walking» im Haken-Kelso-Bunz-Modell annähernd zu beschreiben. Die interpersonelle Koordination

erweist sich als wichtiges Hilfsmittel beim Wiedererlernen von motorischen Funktionen.

Anhand von Falldarstellungen wird die Theorie am Patienten umgesetzt. Erfolge beim Wiedererlernen von rhythmischen Bewegungen bis hin zum Rennen werden nach einer Hirn- und Rückenmarkverletzung, einer Kompressionsverletzung des Conus medullaris, einer Hirnstammbundleitung, nach einem Schlaganfall und nach schweren Hirnschäden (bis hin zur geistigen Behinderung) dargestellt. Durch Berücksichtigung der Koordination des somatischen und des vegetativen Nervensystems zeigen sich erste Erfolge beim Wiedererlernen von vegetativen Funktionen. Die Verbesserung der Atmung bei Hirnstammschäden und die Verbesserung der Harnblasenfunktion (Hauptproblem Rückenmarkverletzter) erscheinen durch Training möglich.

In den Schlussfolgerungen wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der beiden Paradigmenwechsel, nämlich dass sich das ZNS selbst organisiert [1] und reorganisiert nach Verletzung und dass beim erwachsenen ZNS beim Tier und beim Menschen die genetischen Reparaturmechanismen auch die Neubildung von Nervenzellen einschliessen [4, 26, 27] und auf Messungen beruhende neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Humanneurophysiologie, in der Neurorehabilitation bei fast allen ZNS-Verletzungen entscheidende Fortschritte bei der Wiedererlangung sinnvoller und lebensnotwendiger Funktionen möglich sind. Der Erfahrungsschatz der bisherigen Physiotherapie sollte in das Therapiekonzept Koordinationsdynamik-Training nach ZNS-Verletzung eingebracht werden.

### Einleitung

Beim Oszillator-Formationstraining war gefolgt worden, dass rhythmisch dynamisch stereotype symmetrische Bewegungen einen wesentlichen Teil der Neurorehabilitation darstellen sollten, weil diese rhythmischen Bewegungen die Rhythmität der prämotorischen Oszillatoren [11] (selbstorganisierende Bausteine des Rückenmarkes) verbessern sollten, die sie nach Rückenmarkverletzung teilweise verloren hatten [13].

Da sich aber nur ein Teil der Motoneurone mit spinalen prämotorischen Teilnetzwerken zu schwingungsfähigen Einheiten im Frequenzbereich von etwa 0,8 bis 10Hz organisieren (nämlich die Motoneurone, die am stärksten erregt worden sind) und viele andere Motoneurone und Interneurone des Rückenmarkes in diesem Frequenzbereich nicht rhythmisch feuern [10, 12], sondern ihr gelegentliches Feuern nur teilweise mit der Aktivität der Oszillatoren relativ koordinieren, wäre ein Koordinationsdynamik-Training zur Verbesserung der relativen Koordination aller

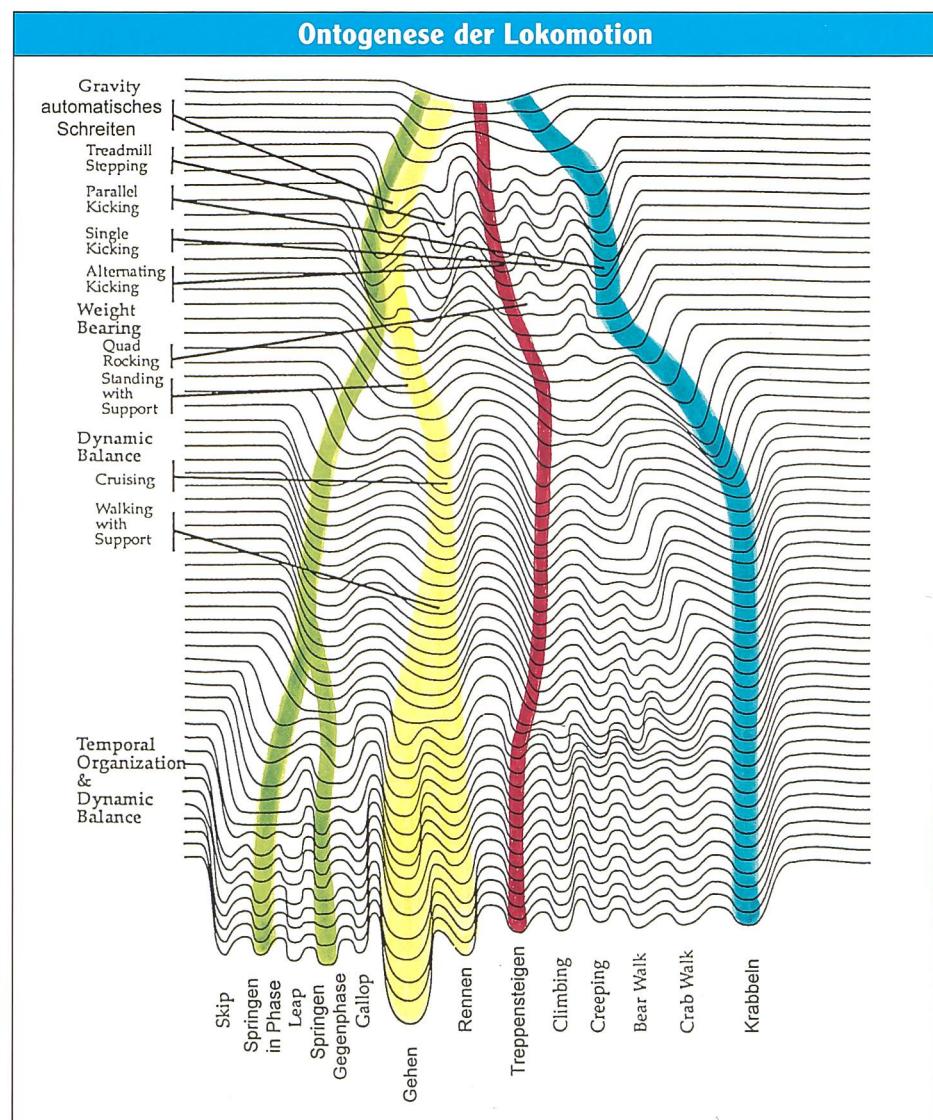
aktivierten Neurone eine bessere Charakterisierung einer verbesserten Umorganisation des ZNS. Das Koordinationsdynamik-Training (äussere Koordinationsdynamik) soll die Koordination aller spinalen und supraspinalen Neurone bei ihrer Selbstorganisation (innere Koordinationsdynamik) verbessern und nicht nur jene, die sich zu Oszillatoren organisieren. Wenn die Gleichzeitigkeit von Impulsen bei der Organisation des visuellen Cortex wichtig ist, ebenso wie beim Erzeugen von Mitbewegungen im Rückenmark, dann sollte auf Symmetrie bei Trainingsmethoden geachtet werden.

Um weiterhin alle Möglichkeiten der Reorganisation des verletzten ZNS ausschöpfen zu können, müssen neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Neubildung von Nervenzellen (Neurogenese) berücksichtigt werden. Beim Koordinationsdynamik-Training werden verstärkt genetische Reparaturmechanismen einschließlich Neurogenese und Ähnlichkeiten zwischen der Ontogenese und der Reorganisation des ZNS nach Verletzung vorausgesetzt. Da Rhythmen bei der Organisation des Hirnstammes [19] und des sakralen Motionszentrums gemessen wurden [14–16], sollten vegetative Funktionen, d.h. Kontinenz und Atmung, durch ein Rhythmustraining auch verbessert sein.

### **Neubildung von Nervenzellen im Rückenmark des Menschen (genetische Reparaturmechanismen)**

Auch wenn bisher angenommen wurde, dass das ZNS von Erwachsenen nicht mehr in der Lage ist, neue Neurone zu erzeugen, sind multipotente selbsterneuernde Stammzellen in den seitlichen Ventrikeln des Vorderhirns und im Rückenmark des erwachsenen ZNS (einschließlich Mensch) gefunden worden [26, 27].

Bei der Gabe von epidermalen Wachstumsfaktoren (EGF) vermehren sich die Stammzellen des erwachsenen Vorderhirns *in vitro* und entwickeln sich zu Neuronen, Astrozyten und Oligodendrozyten. Stammzellen des erwachsenen Rückenmarkes erneuern und vermehren sich und zeigen Multipotenz *in vivo* bei Anwesenheit von epidermalen Wachstumsfaktoren und Fibroblasten-Wachstumsfaktoren. Die Stammzellen des Rückenmarks können sich zu cholinergen Neuronen entwickeln. Es ist daher darauf hingewiesen worden, dass die neuralen Stammzellen des erwachsenen ZNS einen Teil der Strategie bilden, um Zellen zu ersetzen und um das ZNS nach Verletzung oder Krankheit neu zu organisieren. Die Entwicklung der Stammzellen zu Neuronen benötigt etwa sechs Wochen (persönliche Information: S. Weiss). Diese Proliferationszeit ist ähnlich jener Zeit, die für die stufenweise Verbes-



**Abb. 16: Ontogenese der Lokomotion (mit Erlaubnis von Esther Thelen, aus [23]). Geringfügige Veränderungen wurden vorgenommen.**

serung der motorischen Funktionen nach Rückenmarkverletzung in Abb. 14B (Oszillator-Formations-Training) benötigt wurde (4 bis 6 Wochen). Diese Ähnlichkeit der Zeiten ist ein Anzeichen dafür, dass eine trainingsinduzierte Neubildung von Neuronen zum Wiedererlernen von motorischen Funktionen beigetragen haben könnte (siehe Abb. 18). Die Zeiten von 130 Tagen für die Verbesserung von motorischen Funktionen nach gleichzeitiger Verletzung von Rückenmark und Vorderhirn (Abb. 25) deuten auf sehr komplexe Regenerationsprozesse hin. Es sind Methoden in der Entwicklung, um die Geschwindigkeit und die Art der Neurogenese im intakten und verletzten erwachsenen Rückenmark und Gehirn zu verändern [2, 4, 25].

Bei Durchtrennung des halben Rückenmarkes konnte bei Ratten eine wesentliche Verbesserung der motorischen Funktionen erreicht werden durch eine Reparatur der corticospinalen Bahnen durch Transplantation von Hüllzellen des Olfaktoriens [7] und durch Behandlung mit dem Antikörper IN-1, welcher Hemmer von Wachstumsfaktoren neutralisiert [21]. Klinisch gesehen sollte es keine prinzipiellen Schwierigkeiten geben, einen Patienten, bei dem nur das halbe Rückenmark zerstört ist (also eine Hälfte noch funktioniert), wieder zum relativ natürlichen Gehen zu bringen, bei Anwendung neuerer wissenschaftlich begründeter Neurorehabilitationsmethoden.

ren neutralisiert [21]. Klinisch gesehen sollte es keine prinzipiellen Schwierigkeiten geben, einen Patienten, bei dem nur das halbe Rückenmark zerstört ist (also eine Hälfte noch funktioniert), wieder zum relativ natürlichen Gehen zu bringen, bei Anwendung neuerer wissenschaftlich begründeter Neurorehabilitationsmethoden.

### **Ähnlichkeiten zwischen der Entwicklung des menschlichen Nervensystems (Ontogenese) und der Regeneration**

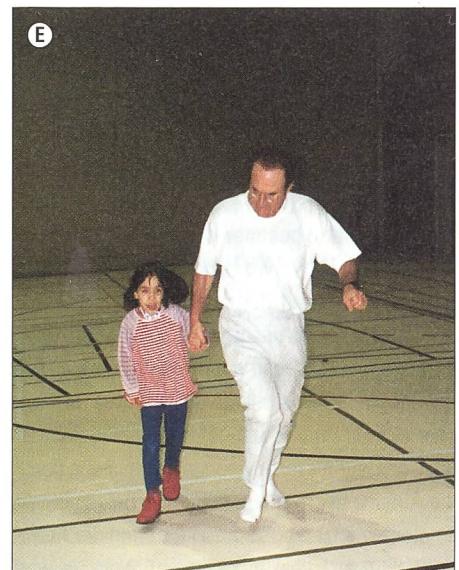
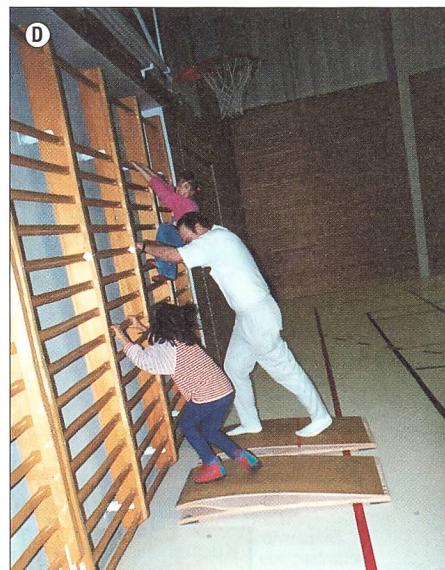
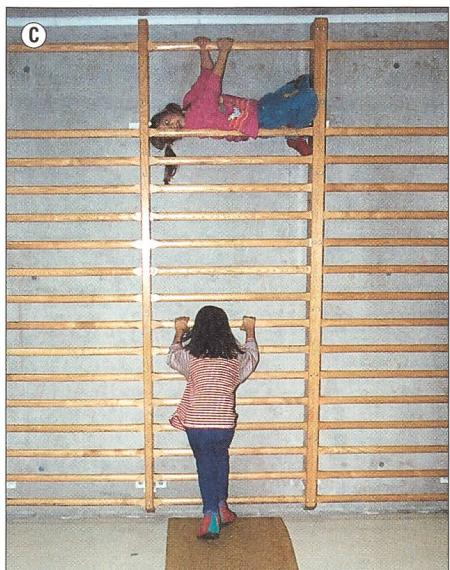
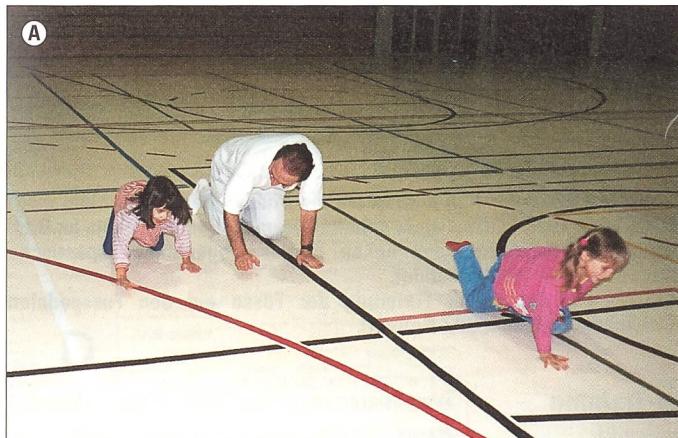
Beim Tier gibt es Anzeichen dafür, dass gewisse Ähnlichkeiten zwischen der Entwicklung des Nervensystems von der Geburt an [22] bis zum Erwachsenenalter und der Regeneration des erwachsenen ZNS nach Verletzung [8, 9] bestehen. Es erscheint daher sinnvoll, die kindliche Entwicklung in der Neurorehabilitation teilweise zu simulieren. In Abb. 16 ist die Ontogenese der Lokomotion dargestellt. Die durchgeföhrten Trai-

## PRAXIS

ningsmethoden wie Krabbeln, Springen, Gehen, Rennen und «Air walking» auf dem Strider (Abb. 17) bei der 9jährigen Patrizia umfassen die wesentlichen Bewegungen der Lokomotionsentwicklung der Abb. 16. Patrizia erlitt bei einer

Zangengeburt unter anderem Verletzungen des dorsalen Hirnstammes und des Plexus brachialis. Sie konnte nach der Geburt und in den folgenden Jahren nicht atmen (wurde nach der Geburt an den Respirator angeschlossen), konnte nicht

sprechen, weder richtig gehen noch essen und trinken (künstliche Ernährung) und war aufgrund der künstlichen Ernährung nachts inkontinent. Jetzt nach 9 Jahren kann Patrizia gerade ausreichend gut essen und trinken (keine künstliche



**Abb. 17A,B:** Die neunjährige Patrizia beim Koordinationsdynamik-Training Krabbeln mit dem Autor G.S.. Die siebenjährige Schwester Alexandra krabbelt in A mit. In B ist die Auswärtsdrehung des rechten Fusses von Patrizia im Vergleich zur Fusshaltung des Autors oder der Schwester A zu erkennen.

**Abb. 17C,D,F:** Patrizia beim Sprungtraining in «Gegenphase» (C alleine), D (mit interpersoneller Koordination mit dem Trainer), F (mit Beinführung)). Das spielerische Verhalten der gesunden Schwester Alexandra während der Therapie ist nicht gestellt.



**Abb. 17E:** Patrizia beim Rennen mit visueller und direkter interpersoneller Koordination mit dem Trainer (Führung mit einer Hand, Zweihandführung siehe Abb. 29C).

**Abb. 17G:** Patrizia beim Gehen auf dem Laufband mit Fussführung durch den Autor G.S. (Lokomotionsgeschwindigkeiten 3 km/h (Gehen) bis 7,5 km/h (Rennen)).



**Abb. 17H:** Patrizia beim Koordinationstraining von Armen und Beinen im Strider mit zwei anderen Patienten. Ihre Hüftstellung wird von der Mutter von hinten leicht geführt. Die beiden linken Strider im Bild haben keine rechts-links-Gestängekopplung; «in Phase» Bewegung möglich und keine diktiierte rechts-links-Kopplung (Gleichgewicht muss gehalten werden). Rechter Strider (weiss) hat rechts-links-Gestängekopplung, so dass die



rechts-links-Koordination diktieren ist; «in Phase» Bewegung nicht möglich; Gleichgewicht muss nicht gehalten werden. Patient (rechts im Bild) benutzt Streckspasmus des linken Beines (sogenannte «spastische Krücke») zum Stehen im Strider.

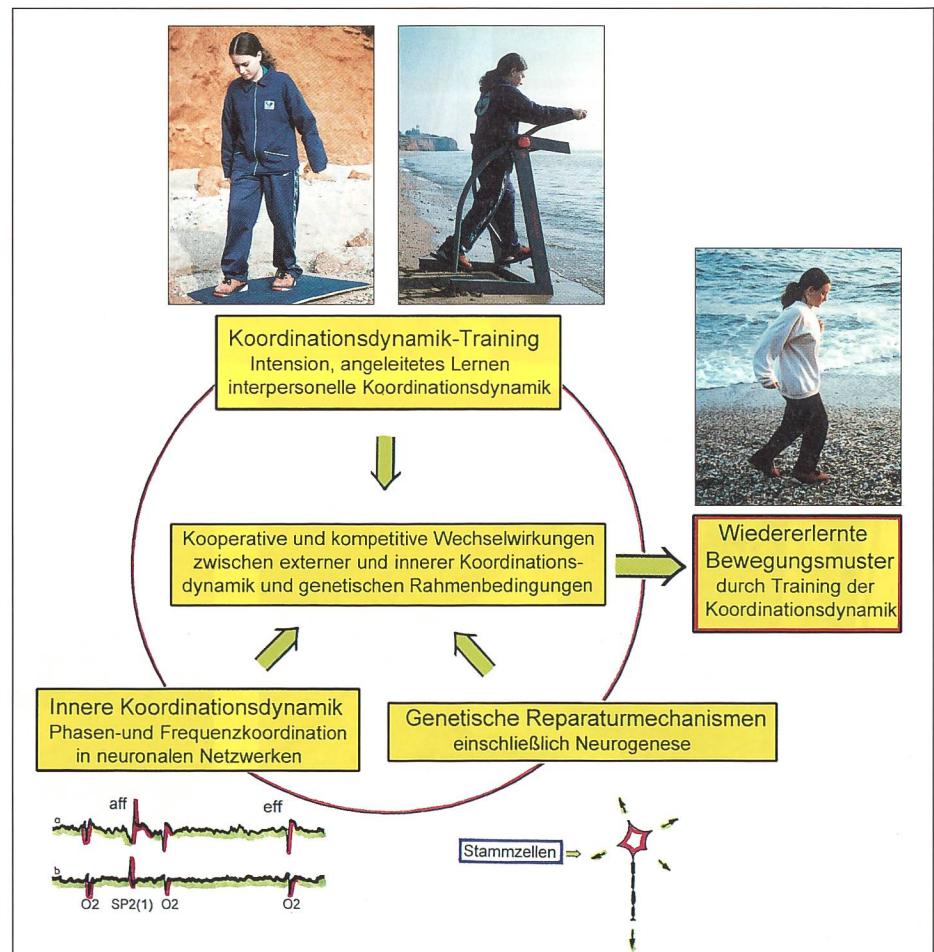
**Abb. 17I:** Einrichtung zur Fixierung der Füsse auf den Fußpedalen (Orthopädiemechanik SPZ Nottwil).

Ernährung mehr), ist kontinent, kann ausreichend sprechen (Sprachunterricht in der Behinderten-schule). Der Besuch einer Normalschule ist durch die Atemproblematik nicht möglich. Im Vordergrund der Behandlung steht jetzt die Reorganisation des Atemzentrums mittels der Koordinations-dynamik-Trainingsmethode. Patrizia kann tagsüber ausreichend atmen, würde aber nachts an Hypoxie sterben, wenn sie nicht mit einem Phrenicus-Stimulator beatmet werden würde. Sie hat das traumatisch erworbene Undine-Fluch-Syndrom, welches seit den alten Griechen bekannt ist: «Aber wenn du nachts einschlafst, dann wirst du sterben.» Während noch vor einem Jahr das Rennen (mit Fehlstellung des rechten Beines) sehr schnell durch Atemnot begrenzt wurde, ist jetzt das verbesserte Rennen nicht mehr durch die Atmung begrenzt. Beim Rennen beispielsweise steigen jetzt die Atemfrequenz und die Atem-tiefe an, was früher nicht der Fall war. Sie wird jetzt nach dem Rennen im Gesicht gesund rötlich, obwohl sie noch immer nicht willkürlich tief atmen kann. Ein intensiveres Koordinationsdynamik-Training ist jetzt möglich. Interessant ist, dass Patrizia vor einem Jahr auf Anhieb rennen konnte und die Auswärtsdrehung des rechten Beines beim Rennen am geringsten ausgeprägt war. Da das stereotype Rennen in der Intumescentia lumbosacralis angelegt ist und bei der Geburt nicht verletzt wurde, sollte sich auch beim Rennen die Fehlorganisation des Hirnstam-mes weniger bemerkbar machen als beim Gehen, da beim Rennen im Verhältnis zur Ge-samtaktivierung relativ weniger supraspinaler «drive» notwendig ist. Bezüglich der Ähnlichkeit von Ontogenese und Reorganisation ist bemer-kenswert, dass viele Funktionen bei Patrizia mit 6 bis 8 Jahren Verzögerung erlernt werden. Jetzt, nachdem sie (mit Mühe) selbst schlucken kann, geniesst sie es beispielsweise, von jungen ihr bekannten Patienten gefüttert zu werden.

### Koordinationsdynamik-Training (äußere Koordinationsdynamik)

Das Wiedererlernen von Bewegungsmustern und vegetativen Funktionen kann angenähert charakterisiert werden durch die Wechselbeziehungen zwischen (1) der inneren Koordinationsdynamik [6], das heisst wie sich zum Beispiel die Neurone

organisieren unter dem Einfluss des afferenten Inputs, (2) der äusseren Koordinationsdynamik, das heisst dem Training von koordinierten Bewe-gungen einschliesslich Intension, angeleitete Lernen und interpersonelle Koordination und (3) der genetischen Reparaturmechanismen des verletzten Netzwerkes einschliesslich Neurogenese (Abb. 18).



**Abb. 18:** Strategie bei der Durchführung rhythmisch-dynamisch stereotyper symmetrischer koordi-nierter Bewegungen. Veränderungen in der Organisation der neuronalen Netzwerke des ZNS erge-ben sich durch kooperative und kompetitive Wechselwirkungen zwischen innerer und äusserer Koordinationsdynamik unter Nutzung der regenerativen genetischen Möglichkeiten.

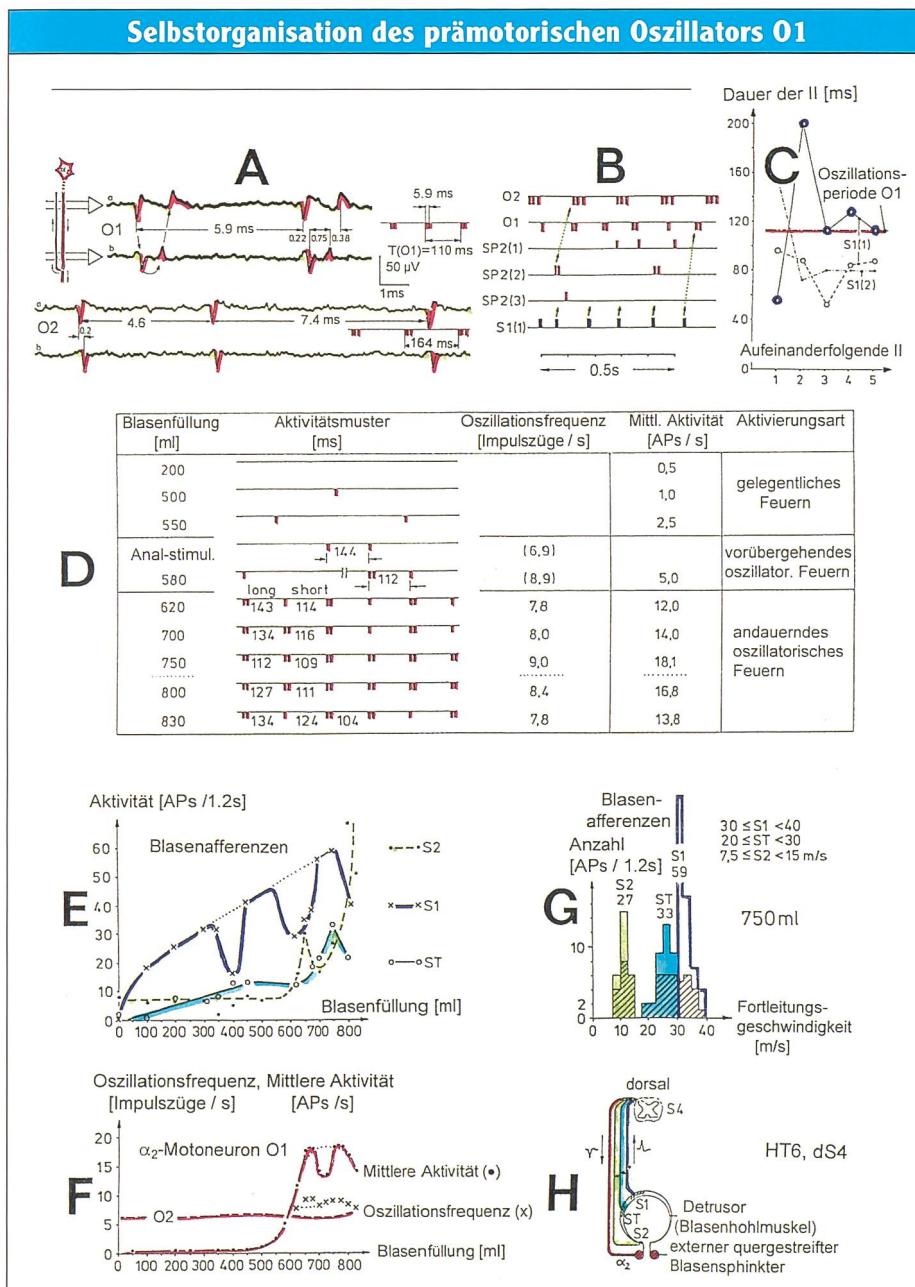


Abb. 19: Selbstorganisation des prämotorischen  $\alpha_2$ -Oszillators O1, welcher den quergestreiften externen Blasensphinkter innerviert und aktiviert. Hirntoter HT6. Ableitung von einer dorsalen S4 Nervenwurzel.

Zu verändern ist die Organisation des ZNS einerseits durch die Beeinflussung der genetischen Reparaturmechanismen sowie der Kenntnis über deren Kapazität und Zeitverläufe. Andererseits kann die Funktion des ZNS entscheidend verbessert werden durch physiotherapeutische Massnahmen, nämlich mit welchen Lern- und Trainingsmethoden die motorischen und vegetativen Funktionen am besten wiedererlernt werden können durch eine Reorganisation des ZNS. Das Oszillator-Formationstraining bezog sich auf die Verbesserung der Organisation und relationalen Kopplung der Oszillatoren (siehe «Physiotherapie» Nr. 3 und 4, 1998, Teil 1 und 2). Beim Koordinationsdynamik-Training sollen zusätzlich auch jene Neurone oder Netzwerkteile erfasst wer-

den, die sich nicht oder gerade nicht zu rhythmisch schwingenden Teilnetzwerken organisiert haben. Die Kohärenz der beteiligten Neurone des ZNS beim Koordinationstraining sollte aufgrund der komplexen rhythmischen Bewegungen auch möglichst gross oder vielseitig sein, um bei der Reorganisation möglichst viele gesunde Netzwerkteile zu erfassen, um so den Lerneffekt des Gesamtnetzwerkes zu erhöhen und die Selbstoprganisation möglichst stark in Richtung physiologischer Funktionsweise zu schieben. Die Kohärenz der Organisation sollte daher möglichst viele aktivierte Neurone umfassen und horizontal und rostro-caudal möglichst ausgedehnt sein. Durch koordinierte Bewegungen von Armen und Beinen werden die Intumesciae cervikales

Anmerkung zu Abb. 19: A: Originalableitungen von den  $\alpha_2$ -Motoneuronen O1 und O2, welche oszillatorisch mit zwei (oben) und drei (unten) Aktionspotentialen (APs) per Impulzug feuern. Die Dauer der Oszillationsperioden ist 110 (oben) und 164 ms (unten). Die Intervalle zwischen den APs der Impulzüge sind 5,9 ms (oben) und 4,6 und 7,4 ms (unten). Das Axon vom Motoneuron O1 (oben) leitet die Erregung mit 36 m/s fort. Sein zurücklaufendes Axon hat eine Leitungsgeschwindigkeit von 21 m/s. Die Messanordnung ist schematisch dargestellt. Das schematische Impulsmuster ist eingefügt. Messtemperatur = 35,5°C.

B: Impulsmuster des oszillatorisch feuерnden  $\alpha_2$ -Motoneurons O2 (welches den externen Analosphinkter innerviert) in Beziehung zur den APs der sekundären Muskelspindelafferzenzen SP2 (1 bis 3), ausgelöst durch Dehnung des Analosphinkters durch den Analkatheter, und Impulsmuster des rhythmisch feuерnden  $\alpha_2$ -Motoneurons O1 in Relation zur Dehnungsrezeptoraktivität (S1(1)) der Harnblase bei 750 ml Blasenfüllung. Phasenrelationen zwischen den afferenten (Afferenz SP2(2) feuert mit Doublets) und efferenten APs sind durch kleine Pfeile und Punktlinien angedeutet.

C: Drei Serien von aufeinanderfolgenden Interspike-Intervallen von zwei Dehnungsrezeptorafferzenzen (S1(1), S1(2)), ausgelöst durch retrograde Blasenfüllung. Die Oszillationsperiode des oszillatorisch feuernden  $\alpha_2$ -Motoneurons O1 (nur aktiviert durch Blasenfüllung (siehe «F»)) ist zum Vergleich gegeben. Die hohe Aktivitätsserie der S1(1) Afferenz trägt zur Selbstoprganisation und Veränderung des Oszillators O1 bei. In «B» und «C» ist zu sehen, dass die Aktivitäten der S1 Afferenz und des Motoneurons O1 relativ synchronisiert sind in Phase und Frequenz.

D: Das gelegentliche Feuern, das vorübergehende und das andauernd oszillatorische Feuern des  $\alpha_2$ -Motoneurons O1 bei zunehmender Blasenfüllung. In der Spalte «Aktivitätsmuster» ist die Dauer der Oszillationsperiode gegeben; die Perioden in Klammern geben den momentanen Wert bei vorübergehendem oszillatorischen Feuern an. Abwärtsweisende Striche sind schematisierte APs. Interspike-Intervalle der nahe beieinanderliegenden APs sind ≈ 6 ms (siehe «A»).

E: Aktivitätsniveaus von S1 (Dehnungs-) und S2 (Fluss-) Rezeptorafferzenzen (siehe «H») bei retrograder Blasenfüllung. Die Werte wurden Histogrammen wie in «G» entnommen. Blasenfüllung wurde einmal zwischen 600 und 650 ml gestoppt.

F: Aktivitätsniveaus des sphinkterischen  $\alpha_2$ -Motoneurons O1 in Abhängigkeit von der retrograden Blasenfüllung. Blasenfüllungen korrespondieren zu denen in «E». Die Punktlinien deuten die wahrscheinliche mittlere Aktivität (APs/s) und Oszillationsfrequenz (Impulszüge/s) des Motoneurons O1 an, wenn die Blasenfüllung nicht gestoppt worden wäre. Es ist zu sehen, dass die mittlere Aktivität kontinuierlich von 550 ml zu 650 ml Blasenfüllung ansteigt, obwohl das Motoneuron von 620 ml schon oszillatorisch feuerte (siehe «D»). Die gestrichelte Linie deutet das Oszillationsfrequenzniveau des kontinuierlich feuernden Motoneurons O2 an; seine Frequenz wurde nur wenig von der Blasenfüllung und dem Beginn des oszillatorischen Feuerns von O1 beeinflusst.

G: Fortleitungsgeschwindigkeits-Verteilungen von Dehnungs-(S1), Spannungs- (ST) und Flussrezeptorafferzenzen (S2) bei 750 ml Blasenfüllung. Die Aktivitäten der S1, ST und S2-Afferzenzen wurden quantifiziert durch Zählen der auftretenden Geschwindigkeiten unter den Verteilungsspitzen (offene plus schraffierte Teile) innerhalb der angegebenen Grenzen (siehe Einführung). Die Anzahlen (27, 33, 59) sind unter den Bezeichnungen S1, ST, S2 gegeben und sind in «E» für die afferente Aktivität bei 750 ml Füllung eingetragen. In erster Näherung kann die Zahl der aktivierten Afferzenzen in der gemessenen Wurzel bei 750 ml Blasenfüllung vom schraffierten Histogramm gewonnen werden.

H: Schematische Darstellung der Lage der Rezeptoren und des externen Blasensphinkters innerviert durch das  $\alpha_2$ -Motoneuron O1.

und lumbosacrales kohärent gekoppelt, was anatomisch einer enormen Ausdehnung der aktiven Rückenmarksteile entspricht (Abb. 23). Eine kohärente Aktivierung des fast gesamten Rückenmarks wird durch koordinierte Arm-Bein-Bewegungen erreicht.

## Selbstorganisation des Rückenmarkes (innere Koordinationsdynamik)

### a. Selbstorganisation eines Oszillators

Die rhythmischen und nichtrhythmischen Bewegungen und die Kontinenzfunktionen (Parasympathicus) werden durch neuronale Teilnetzwerke erzeugt, die sich teilweise zu schwingungsfähigen Einheiten, den sogenannten Oszillatoren, organisieren und durch viele nicht oder weniger rhythmisch feuernende Motoneuronen und Interneuronen, von denen ein Teil bei niedriger Erregung ( $\approx 0,3$  Hz, Rekrutierung nach dem Henemannschen Größenprinzip) sein Feuern relativ mit dem Feuern der Oszillatoren koordiniert und ein anderer Teil unabhängig von den Oszillatoren feuert [12].

In Abb. 19 ist die Selbstorganisation eines prämotorischen Oszillators (O1) dargestellt [14–16]. In einer Originalregistrierung wird in Abb. 19A oben gezeigt, wie das rhythmisch feuernnde Motoneuron mit Doublets feuert (efferente Aktionspotentiale (APs) zeigen abwärts (afferente aufwärts), siehe Einfügung). Eine zurücklaufende Axonkollaterale markierte mit ihrem AP (Amplitude aufwärts) eindeutig die APs dieses Motoneurons. In Abb. 19B ist mit Abwärtsstrichen das rhythmische Feuern des Motoneurons O1 in Doublets oder mit einzelnen APs schematisch dargestellt. Die Harnblasen-Dehnungsafferenz S1(1) feuerte phasenkorreliert mit dem Motoneuron O1, wie durch die kleinen Pfeile und einer gepunkteten Linie angedeutet ist und trug damit zur Selbstorganisation des Oszillators O1 bei. In Abb. 19C sind die aufeinanderfolgenden Interspike-Intervalle (II = Zeitintervall zwischen den APs (Spikes)) der Harnblasendehnungsafferzenzen S1(1) und S1(2) im Verhältnis zur Oszillationsperiode aufgetragen. Die Interspike-Intervalle der Blasenafferenz S1(1) sind denen der Oszillationsperiode ähnlich, die von S1(2) nicht, so dass

nur die Harnblasenafferenz S1(1) zu diesem Zeitpunkt zur Aktivierung des Oszillators O1 beitrug, wie schon in Abb. 19B angedeutet wurde. In Abb. 19D ist die Selbstorganisation des sich ausbildenden Oszillators O1 mittels der Impulsmuster dargestellt. Bei Blasenfüllungen bis 550 ml feuerte das Motoneuron O1, welches den somatischen externen Blasensphinkter innervierte, nur gelegentlich. Bei Harnblasenfüllungen um 580 ml feuerte das Motoneuron kurzzeitig in Abständen oszillatorisch. Bei Blasenfüllungen von 620 ml bis 830 ml feuerte das Motoneuron O1 kontinuierlich oszillatorisch; am regelmässigsten zwischen 750 bis 800 ml. Bei diesen Blasenfüllungen war auch die Aktivität am höchsten. Bei 830 ml Blasenfüllung sank die Aktivität wieder ab; das Motoneuron wurde jetzt gehemmt. Wahrscheinlich trat jetzt der Überlaufmechanismus der Harnblase in Kraft. Um die Blase mechanisch vor dem Zerreissen zu schützen, wurde der externe Blasensphinkter, den das Motoneuron innervierte (Abb. 19H), gehemmt, so dass bei zu hohen Blasendrücken Flüssigkeit entweichen konnte.

In Abb. 19E sind die Aktivitäten von Blasendehnungsrezeptoren (S1), Blasenspannungsrezeptoren (ST) und Mukosarezeptoren (S2) in Abhängigkeit von der retrograden Blasenfüllung aufgetragen. Die Lage der Rezeptoren ist schematisch in Abb. 19H gezeichnet. Die Aktivitäten der verschiedenen Blasenafferzenzen wurden den Flächen entnommen, die gebildet wurden aus den Geschwindigkeits-Verteilungsspitzen und den entsprechenden Intervallen (Abb. 19G). Aus der

Abb. 19F ist zu ersehen, wie die mittlere Aktivität des  $\alpha_2$ -Motoneurons O1 mit der Blasenfüllung und den Blasenafferzenzen-Aktivitäten (Abb. 19E) zunahm. In der Speicherphase der Blase bis 550 ml feuerte das  $\alpha_2$ -Motoneuron O1 nur gelegentlich. Die Kontinenz wurde durch den inneren Blasensphinkter im Blasenhals (in 19H nicht gezeichnet) gewährleistet. Bei grösseren Blasenfüllungen ab 620 ml begann dann das  $\alpha_2$ -Motoneuron O1 oszillatorisch zu feuern, um zusammen mit anderen  $\alpha_2$ -Motoneuronen den externen quergestreiften Blasensphinkter (Abb. 19H) stärker zu erregen, um die Kontinenz (Verhinderung von Flüssigkeitsverlust aus der Harnblase) zu sichern.

In Abb. 19 ist weiterhin ein  $\alpha_2$ -Motoneuron O2 dargestellt, welches den externen Analosphinkter oder den funktionell zugeordnetem Beckenboden versorgte. Das Motoneuron O2 feuerte alle 160 ms mit 3 APs oszillatorisch. In Abb. 19A unten ist die Originalregistrierung zu sehen und in Abb. 19B ist das rhythmische Feuern schematisch dargestellt. Aus Abb. 19B ist weiterhin zu ersehen, dass die sekundäre Muskelspindelafferenz SP2 (2) (feuerte mit Doublets) relativ phasenkorreliert zum Motoneuron O2 feuerte, welches durch kleine Pfeile und eine gepunktete Linie angedeutet ist. Diese relative Phasenkoordination zwischen der Aktivität der sekundären Muskelspindelafferenz und dem  $\alpha_2$ -Motoneuron O2 deutet an, dass die Aktivität der sekundären Muskelspindelafferenz zur Selbstorganisation des Oszillators O2 beitrug. Wie die Abb. 19B angedeutet, waren das Feuern der Oszillatoren O1

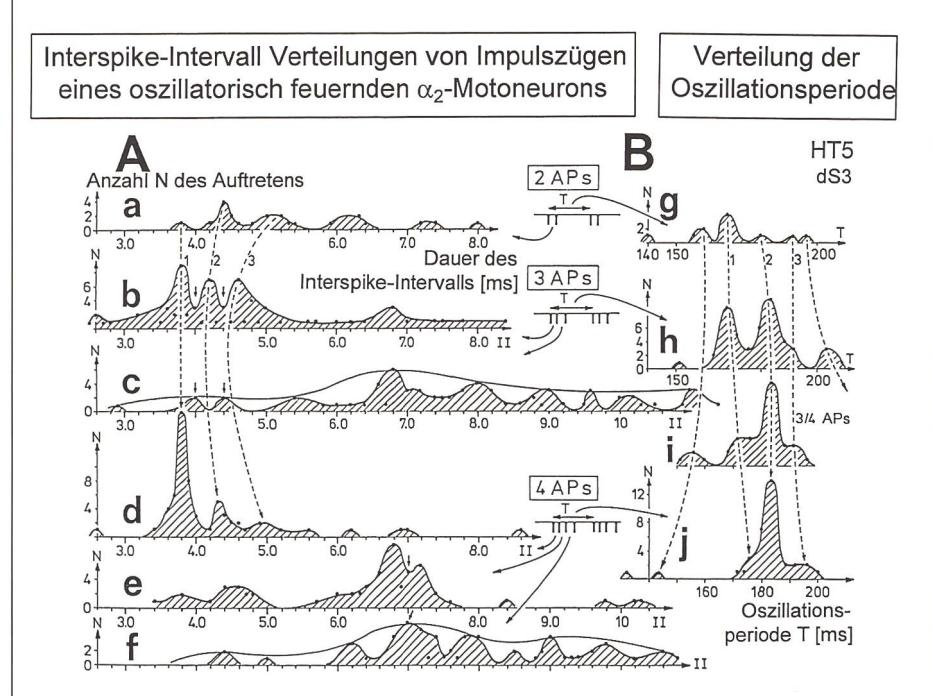


Abb. 20: Interspike-Interval-Verteilungen der Impulszüge (A) und der korrespondierenden Oszillationsperioden-Verteilungen (B) für verschiedene Impulszug-Längen.

Anmerkung zu Abb. 20: Die entsprechenden Verteilungsspitzen des ersten Interspike-Intervalls und der Oszillationsperioden sind durch gestrichelte Linien verbunden. Die sich entsprechenden Interspike-Intervall-Spitzen und Oszillationsperiodenspitzen sind in gleicher Weise bezeichnet (1, 2 und 3). Verteilungen des zweiten (c, e) und des dritten Interspike-Intervalls (f) sind ebenfalls dargestellt. Die kleinen Pfeile zeigen gegensätzliche Trends des Auftretens zwischen dem ersten (b) und dem zweiten (c), und zwischen dem zweiten (e) und dem dritten (f) Interspike-Intervall an.

# Auf Biegen und Brechen oder – die sanfte Quengelschiene

~~ADVANCE~~

Beschleunigte  
Rehabilitation,  
Kosteneffizienz  
und gute Ergebnisse  
sind unser Ziel!

Die ADVANCE dynamische Quengelschiene bietet eine innovative Lösung, die Therapiestunden über die Reha hinaus nach Hause auszuweiten.

Mit der ADVANCE erreichen Sie permanente Fortschritte bei Streck- und Beuge-defiziten durch die Anwendung von sanften, dynamisch anhaltenden Kräften während der Ruhephase Ihrer Patienten.



Knie

Ellenbogen



Handgelenk

Fußgelenk

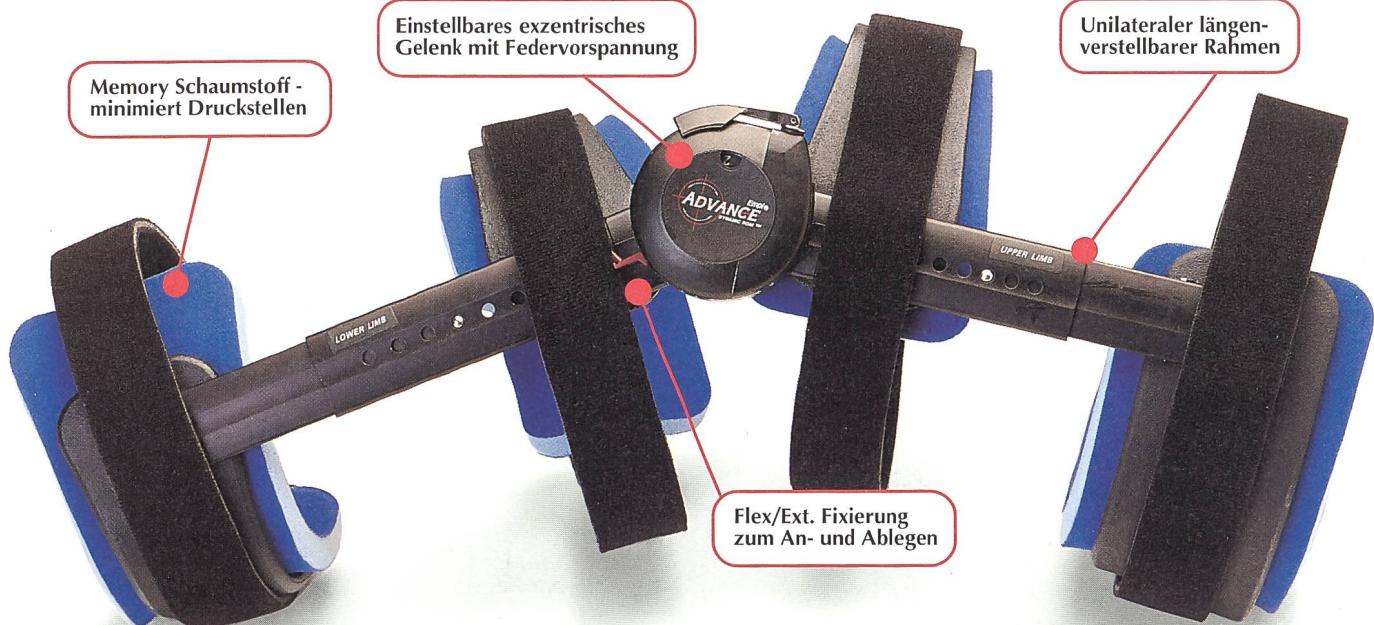
Für verbesserte  
Behandlungsergebnisse  
und optimale  
Patientencompliance

## VORTEILE

- einzige, ohne Werkzeug einstellbare Quengelschiene weltweit
- einfach anzulegen (auch vom Patienten selbst)
- Memory Schaumstoff – minimiert Druckstellen
- Weiten- und Kontureinstellung der Körperformteile mit multiflexiblen Schellen
- auch im Mietservice erhältlich - keine Kosten für das Spital, Physiotherapie

## EBENFALLS ERHÄLTLICH

- Amputationsschiene in Extension, für unterschenkelamputierte Patienten auch in Verbindung mit Prothesenschaft; für Diabetiker geeignet
- Supinationsschiene für den Unterarm- und Handbereich z.B. nach Radiusköpfchenfrakturen.



# OPED

Orthopädische Produkte

Weitere Informationen erhalten Sie bei:

OPED AG · Sumpfstraße 5 · 6312 Steinhausen · Telefon 0 41 / 7 48 53 35 · Fax 0 41 / 7 48 53 40

# TENS

**NEU**

## ELPHA 2000 - das moderne Klinikgerät im Taschenformat

Elpha 2000 - die fort schrittliche Alternative zu den teuren und grossen Klinikgeräten. Optimales Preis-Lei stungsverhältnis.



Zweikanal TENS- und Muskelstimulationsgerät der neuesten High-Tech-Generation, für Ärzte und Therapeuten. Einfachste Bedienung, kurze Instruktionszeiten, hohe Patientensicherheit. Auch für die Heimbehandlung geeignet. 2 Jahre Garantie, ausführliche Einführung, Service gewährleistet.

Verlangen Sie weitere Informationen oder eine Beratung mit dem untenstehenden Coupon.

### Informations-Coupon

ELPHA 2000 interessiert uns.

- Senden Sie uns weitere Informationen
  - Rufen Sie uns an Tel.: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

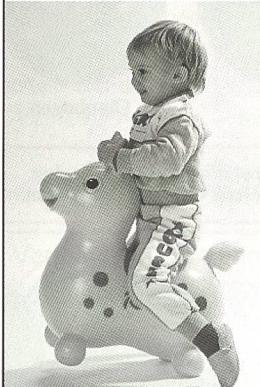
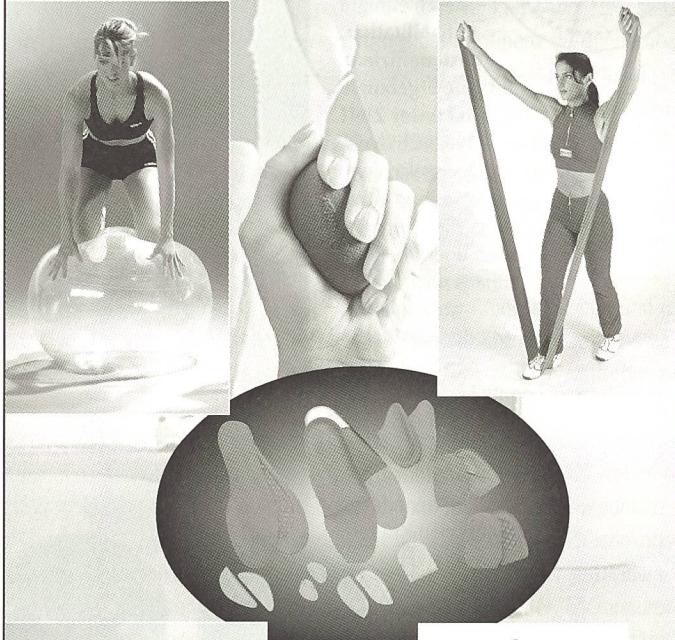
Zuständig: \_\_\_\_\_



Parsenn-Produkte AG, 7240 Küblis  
Tel. 081/300 33 33, Fax 081/300 33 39

**VISTA**  
WELLNESS

*Physios wissen's  
Bewegung ist wichtig.*



**TRIDEX**  
3-DIMENSIONAL EXERCISE BAND

**GYNNIC**<sup>LINE</sup>  
**cambion**<sup>TM</sup>

**Eggserizer**

*pour bouger plus et mieux*

VISTA Wellness AG/SA  
Industriering 7  
CH-3250 Lyss-BE

Tel. 032 387 70 30 (deutsch)  
032 841 42 52 (français)  
Fax 032 387 70 35

Bitte senden Sie mir Ihre Unterlagen (mit didaktischen Broschüren).  
SVP envoyez-moi votre documentation (avec de nombreuses brochures didactiques).

Name/nom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Ort/Lieu \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_

und O2 im Zeitintervall von den gezeigten 0,8 s nicht oder nur wenig koordiniert. Zum Zeitpunkt der Blasenfüllung (Abb. 19F) feuerte der Oszillator O2 unabhängig davon, ob der Oszillator O1 sich zum rhythmischen Feuern organisiert hatte oder nicht; eventuell wurde O2 etwas gehemmt mit dem Beginn des oszillatorischen Feuerns von O1. Aus Abb. 19 ist damit ersichtlich, wie der Oszillator O1, der den externen Blasensphinkter aktivierte, sich durch den adäquaten afferenten Input von den verschiedenen Harnblasenrezeptoren selbst organisiert hatte.

### b. Raum-Zeit-Ausdehnung von oszillatorisch feuernden neuronalen Netzwerken

Die Häufigkeitsverteilungen von Interspike-Intervallen der zwei bis vier APs langen Impulszüge eines oszillatorisch feuernden  $\alpha_2$ -Motoneurons ist in Abb. 20A gezeigt [13]. Die Anordnung der Verteilungsspitzen (Abb. 20Ac-f) und Hüllkurven (Abb. 20Ac, f) ähnelt den Amplitudenverteilungen von gekoppelten Pendeln (mechanische Oszillatoren). Dies deutet darauf hin, dass relatives Kopplungen von rhythmisch schwingenden Einheiten zur Ausbildung dieser Verteilungsmuster beitragen. In Abb. 20B ist die Häufigkeitsverteilung der Oszillationsperiode T des rhythmisch feuernden  $\alpha_2$ -Motoneurons aufgetragen. Die korrespondierenden Verteilungsspitzen der Oszillationsperiode T für die verschieden langen Impulszüge (2 bis 4 APs) sind durch gestrichelte Linien miteinander verbunden.

Werden jetzt Zwischenlinien in die Verteilungen der Oszillationsperiode der Abb. 20B eingefügt (Interpolationslinien in B, g-j), dann gelangt man zu einer dreidimensionalen Darstellung, wie sich die häufigste Oszillationsperiode mit steigender Oszillator-Netzwerkaktivierung vergrößert (Abb. 21A). Nimmt man nun an, dass eine längere Oszillationsperiode durch verlängerte Synapsenzeiten in den neuronalen Netzwerken (Langzeitförderung (LTP) und Langzeithemmung (LTD)) und durch erweitertes räumliches Ausbreiten in das neuronale Gesamtnetzwerk entsteht, dann gibt Abb. 20A eine bildliche Darstellung, wie sich die Netzwerkschleife des Oszillators räumlich-zeitlich relativ diskret ausbreitet. Da die zugrundeliegenden Messungen von einem Hirntoten herrühren [13] (Rückenmark nicht verletzt), kann angenommen werden, dass die Raum-Zeit-Ausdehnung des spinalen  $\alpha_2$ -Oszillators in Abb. 21A angenehrt physiologisch ist. Eine entsprechende Raum-Zeit-Ausdehnung der Oszillationsperiode (Netzwerk-Schleife) eines  $\alpha_2$ -Oszillators von einem paraplegischen Patienten ist in Abb. 21B dargestellt. Offensichtlich ist, dass die Netzwerkschleife nach Rückenmarkverletzung sich viel mehr in die Raum-Zeit-Dimension ausdehnt.

Raum-Zeit-Ausbreitung der aktivierte neuronalen Netzwerke von  $\alpha_2$ -Oszillatoren beim Hirntoten und beim Rückenmarkverletzten

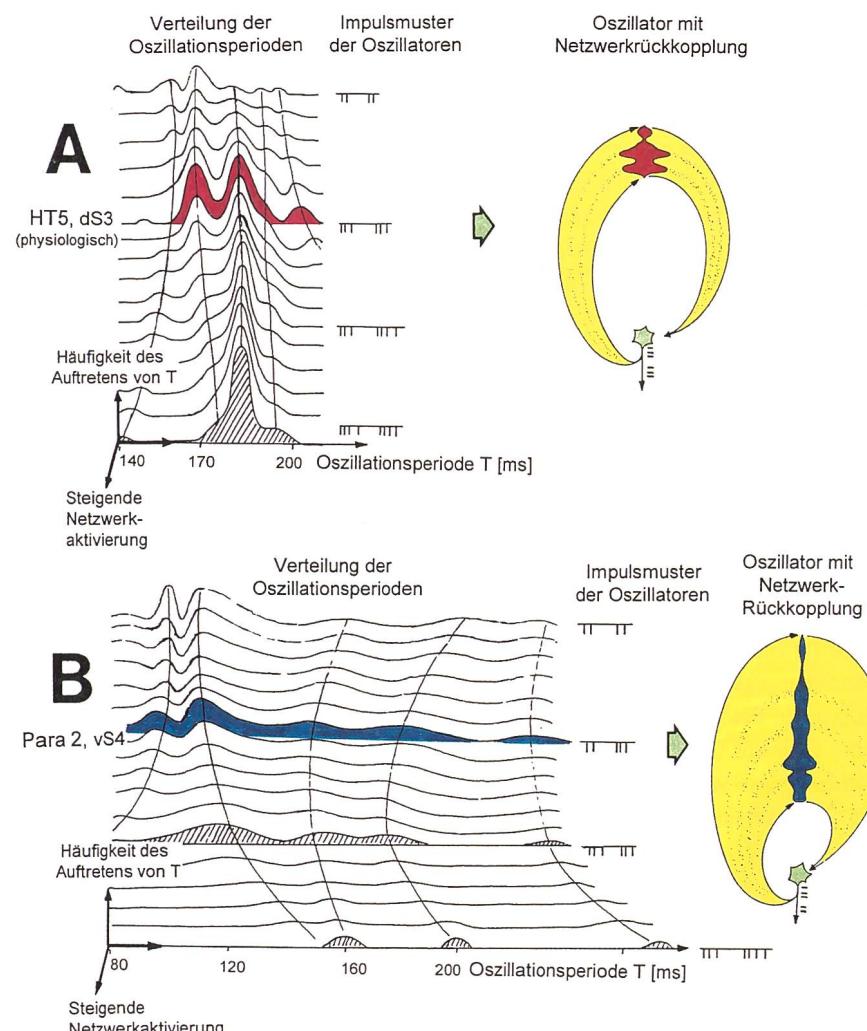


Abb. 21: Häufigkeitsverteilungen von Oszillationsperioden (siehe Abb. 20B), interpretiert als räumlich-zeitliche Ausbreitung von neuronalen Netzwerkschleifen beim Hirntoten (A) und beim Rückenmarkverletzten (B).

### c. Verlust an Spezifität durch zu geringe Hemmung

Der Vergleich der Oszillationsperiodenausdehnung zwischen dem Hirntoten (wahrscheinlich physiologisch) und dem rückenmarkverletzten Patienten deutet auf einen Verlust an Spezifität der Oszillatoren nach Rückenmarkverletzung hin. Berücksichtigt man weiterhin, dass die Muskeln, die vom gänzlich oder partiell abgetrennten Rückenmarkteil versorgt werden, meist zu stark aktiviert werden, kann gefolgert werden, dass bei einer durch Training ausgelösten Reorganisation des ZNS nicht nur die supraspinale willkürliche Kontrolle gestärkt werden muss, sondern es muss vor allem auch der hemmende supraspinale Einfluss gestärkt werden, damit die caudalen Rückenmarks-Netzwerke mehr gehemmt werden und damit ihre Spezifität verbessert wird. Die Oszillatoren müssen sich wieder

spezifischer organisieren, das heißt die Oszillationsperioden-Ausdehnung muss räumlich-zeitlich begrenzt werden. Die Auswirkung des Verlustes an supraspinaler Kontrolle scheint daher oft noch durch einen Verlust an Spezifität verstärkt zu werden, verursacht durch fehlende Hemmung.

Anmerkung zu Abb. 21: Durch Interpolation von Zwischenhäufigkeitslinien entstehen Häufigkeitsniveaus, die sich mit steigender Aktivität des Oszillators (länger werdende Impulszüge) halbdiskret verschieben. Bei nur räumlicher Interpretation würde sich die Netzwerkschleife in 'A' bei steigender Erregung räumlich weiter ausbreiten. Rechts im Bild sind die Netzwerkschleifen mit den unterschiedlich stark ausgeprägten Häufigkeitsbahnen schematisch dargestellt. Der Unterschied zwischen einer mehr physiologischen Netzwerkschleife (A) und einer pathologischen (B) ist die größere Ausbreitung der Netzwerkschleife nach Rückenmarkverletzung und damit der Verlust an örtlicher Spezifität.

#### d. Entstehung von Überaktivierung neuronaler Netzwerke durch vergrösserte Schwankungsbreite der Oszillationsperiode als eine Erklärung für Spastik

Damit afferente Aktivität rhythmisch schwingende neuronale Teilnetzwerke in der Organisation erhalten kann, muss eine relative Phasen- und Frequenzkorrelation zwischen der Aktivität der treibenden Afferenzen und der Motoneurone bestehen. Hier sei nur die Frequenzkorrelation betrachtet, das heisst die zeitliche Beziehung zwischen den Oszillationsperioden T ( $T = 1/\text{Frequenz}$ ) und den Interspike-Intervallen der afferenten Aktivität.

In Abb. 22 sind die Häufigkeitsverteilungen des Auftretens von Interspike-Intervallen von acht sekundären Muskelspindelafferenzen (SP2(6–13)) und zwei Dehnungsrezeptorafferenzen (S1(1), S1(2)) der Harnblasenwand dargestellt. Die Schwankungsbereiche der Oszillationsperioden der beiden  $\alpha_2$ -Oszillatoren O1 und O2 der Abb. 19 sind als senkrechte Linien eingetragen. Wenn die Verteilungen der Afferenzen mit denen der Oszillationsperioden überlappen, können die Afferenzen den Oszillator treiben. Zum Beispiel kann der Oszillator O1 von der Blasenaffерenz S1(1) «angetrieben» werden, da der Bereich T01 mit der S1(1) Verteilung (Abb. 22K) stark über-

lappt (siehe auch Abb. 19B). Die sekundäre Muskelspindelafferenz SP2(7) (Abb. 22D) könnte auch O1 aktivieren, weil die halbe Oszillationsperiode, einschliesslich des Schwankungsbereichs, mit der Interspike-Intervall-Verteilung der SP2(7)-Faser überlappt. Die SP2(12)-Afferenz andererseits kann diesen Oszillator aber nicht antreiben, da keine Überlappung in den Verteilungen besteht. Durch eine Erweiterung des Schwankungsbereiches der Oszillationsperiode T01 würde eine Überlappung mit der Aktivität von SP2(12) entstehen, und eine Aktivierung wäre möglich werden. Wenn also die Schwankungsbreite der Oszillatorperiode ansteigt, können andere Afferenzen zusätzlich den Oszillator treiben, welche es vorher, von den Interspike-Intervallen her ge-

sehen, nicht konnten. Das sich selbst organisierende Oszillatorenetzwerk kann dann also von viel mehr Afferenzen aktiviert werden. Die Folge würde eine Überaktivierung der Netzwerke und ein Verlust der spezifischen Aktivierung durch den adäquaten Reiz sein; Massenkontraktionen wären leicht auslösbar. Ähnlicher Verlust der Spezifität gilt auch für die Phasenrelationen zwischen den Oszillatoren und zwischen den Oszillatoren und den organisierenden (aktivierenden) Afferenzen. Da die Phasenrelationen nach ZNS-Verletzung auch viel mehr schwanken [17], sind relative Phasenkopplungen leichter möglich. Der teilweise Verlust der spezifischen Koordination von Frequenzen und Phasen führt zu unspezifischer Aktivierung und Überaktivierung. Dies

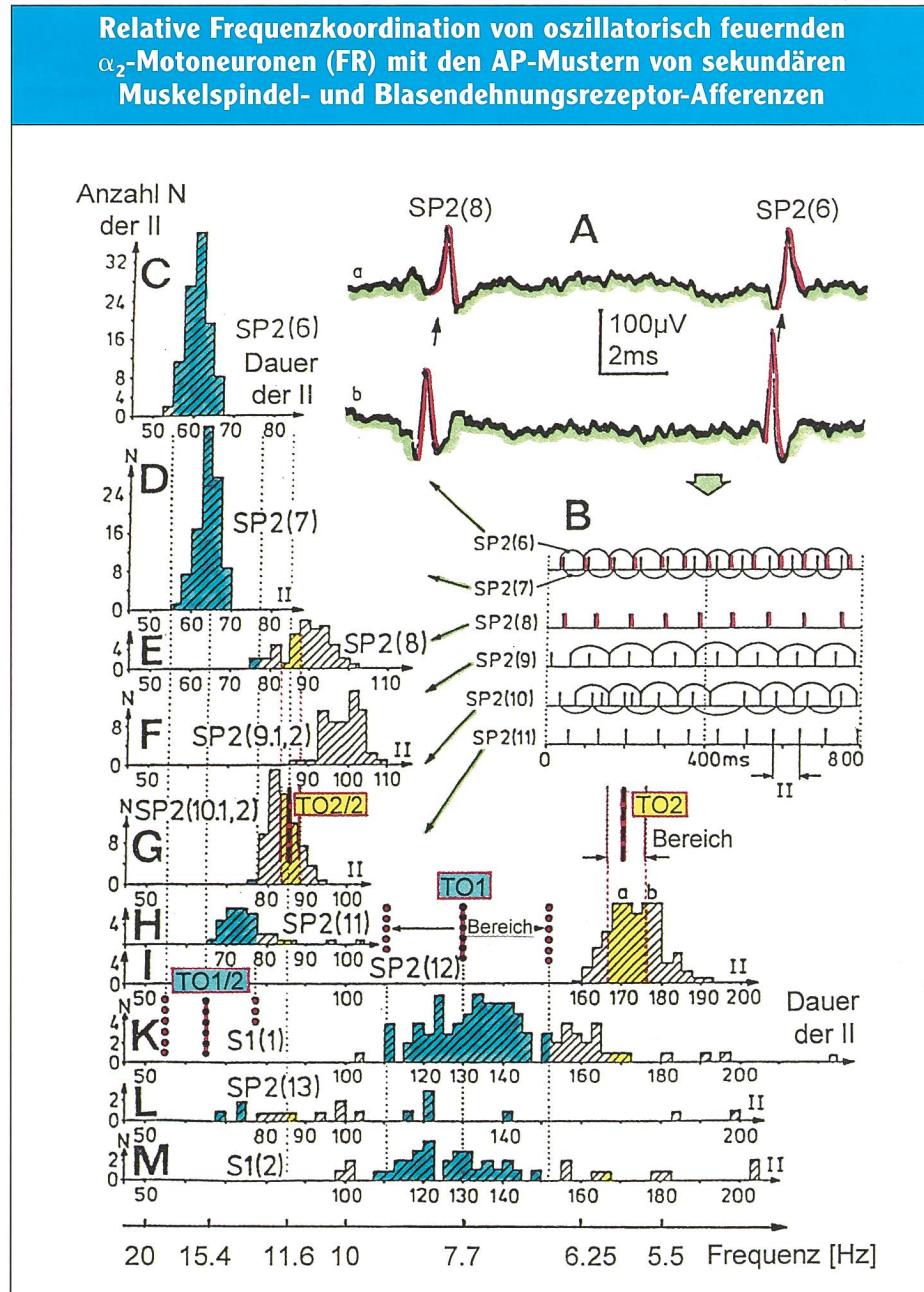
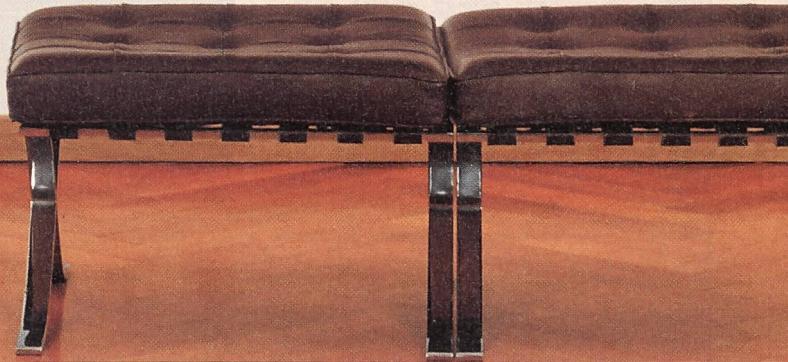


Abb. 22: Messungen vom Hirntoten HT6 von verschiedenen Rückenmarksegmenten nach retrograder Blasenfüllung (700 bis 800 ml), ausgenommen «b» (vor der Blasenfüllung).

Nur was Erfolg hat, wird nachgeahmt.  
®Voltaren ®Emulgel – das Original.



ckdt.



Schmerzfrei beweglich mit ®Voltaren ®Emulgel – kühlend wie ein Gel und pflegend wie eine Creme. 50 g Tube kassenzulässig.



**Zusammensetzung:** Diclofenac diethylamin, in einer Emulsion von Lipiden in einem wässrigen Gel zu 1,16%, entsprechend 1% Diclofenac Natrium. Propylenglykol, Isopropanol, Aromatika. **Indikationen:** Lokalisierte Formen des Weichteilheumatismus, wie z.B. Tendovaginitis, Schulter-Hand-Syndrom, Bursitis; Periarthropathien. Lokalisierte rheumatische Erkrankungen, wie z.B. Arthrosen peripherer Gelenke und der Wirbelsäule. Traumatisch bedingte Entzündungen der Sehnen, Bänder, Muskeln und Gelenke, wie z.B. Verstauchungen, Prellungen, Zerrungen. **Dosierung:** Je nach Grösse der zu behandelnden schmerhaften Stelle werden 2–4 g ®Voltaren ®Emulgel (kirsch- bis walnussgroße Menge, ausreichend zur Behandlung einer Fläche von etwa 400–800 cm<sup>2</sup>) 3–4x tgl. auf die betroffenen Körperpartien aufgetragen und leicht eingerieben.

**Kontraindikationen:** Überempfindlichkeit auf Diclofenac, Acetylsalicylsäure und andere nichtsteroidale Antiphlogistika sowie

auf Isopropanol oder Propylenglykol. **Vorsichtsmassnahmen:** ®Voltaren ®Emulgel soll nur auf intakte Hautflächen, nicht auf Hautwunden bzw. offene Verletzungen aufgetragen werden. Augen und Schleimhäute sollen nicht mit dem Präparat in Berührung kommen. Nicht einnehmen. Wenn ®Voltaren ®Emulgel auf grösseren Flächen und während längerer Zeit angewandt wird, ist das Auftreten von systemischen Nebenwirkungen nicht völlig auszuschliessen. **Unerwünschte Wirkungen:** Gelegentlich: Allergisch oder nicht allergisch bedingte Kontaktdermatitis. Vereinzelt generalisierter Hauthausschlag, Überempfindlichkeitsreaktionen, Photosensibilisierung.

**Packungen:** Tuben zu 50 g und 100 g. **Hinweis:** ®Voltaren ®Emulgel ist ohne Rezept in Apotheken erhältlich. Für ausführliche Informationen verweisen wir auf das Arzneimittel-Kompendium der Schweiz. Liste C.

 NOVARTIS

Novartis Consumer Health SA  
Swiss Market, CH-1260 Nyon

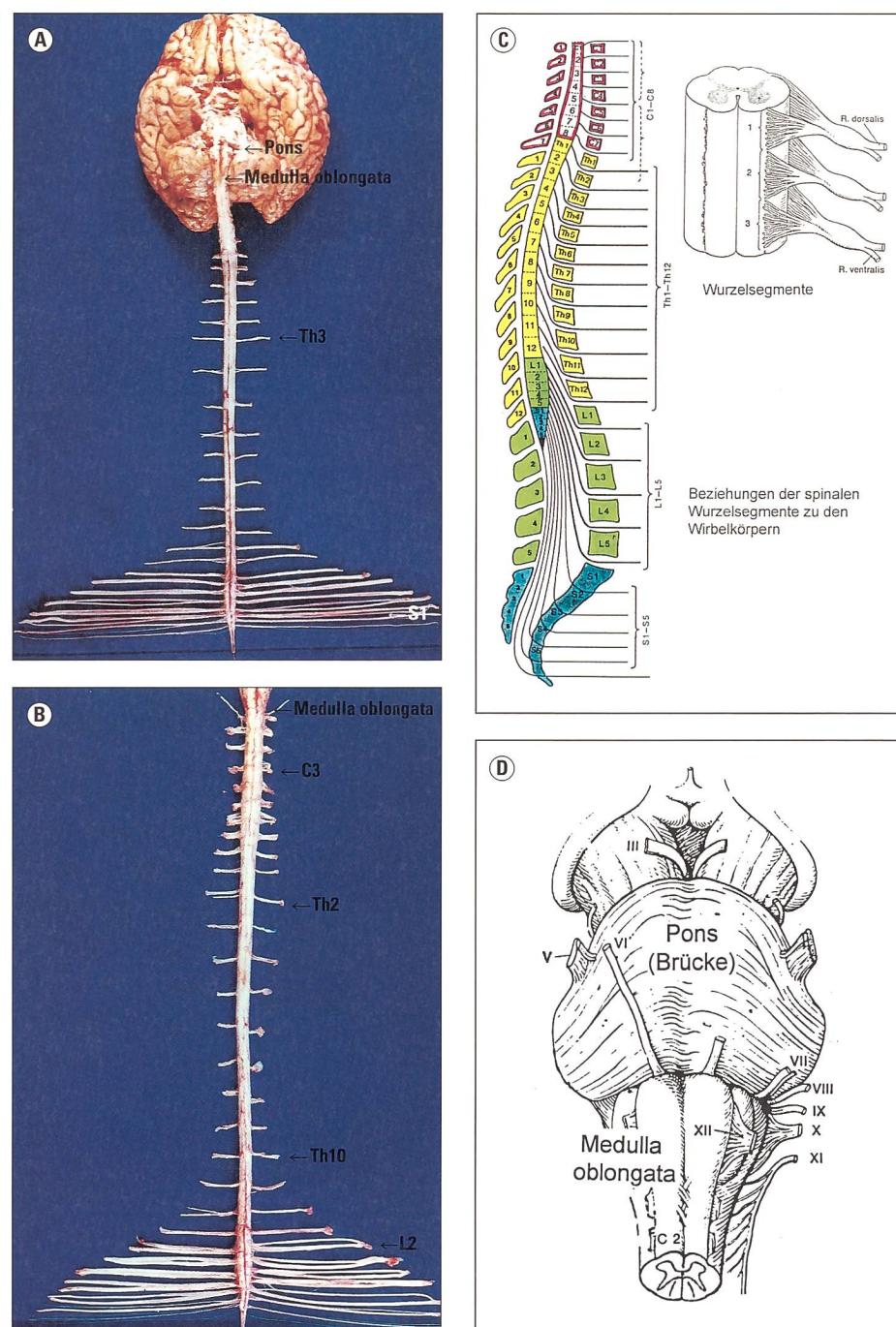
könnte eine Ursache der Spastik sein. Ein Oszillator-Formationstraining, oder allgemeiner ein Koordinationsdynamik-Training, muss also die Spezifität der Organisation der oszillatormisch feuern den Teilnetzwerke im engeren und des Gesamtnetzwerkes des ZNS im weiteren Sinne verbessern.

#### e. Organisation nicht rhythmisch feuerner Neurone

Die Organisation der nicht rhythmisch feuern den Motoneurone und Interneurone ist auf der Basis dieser humanneurophysiologischen Messungen nicht ganz klar, weil schwer messbar. Einerseits feuern diese Motoneurone bei Erregung gelegentlich alle etwa 3 s (0,3 Hz) repetitiv nach dem Größenprinzip in jeder Motoneurongruppe und andererseits koordiniert ein Teil der nicht oszillatormisch feuern den Motoneurone sein Feuern mit dem der gebildeten Oszillatoren. Kelso [6] vermutet, dass die Basiseinheit für die Organisation des ZNS das AP des einzelnen Neurons ist. In der Sehrinde scheint die Gleichzeitigkeit des Feuerns von Neuronen für die Organisation eines Bildes von Wichtigkeit zu sein. Vielleicht gilt Ähnliches für die Organisation der Motorik. Die Oszillatoren sind dann nur eine Zwischenorganisationsform der neuronalen Netzwerke, die vergleichsweise leicht messbar ist und viel Verständnis bei der Organisation des ZNS bringt.

#### f. Kopplung von Oszillatoren zur Erzeugung von Bewegungen

In der Literatur gibt es nun verschiedene Modelle, wie durch Kopplung oder Koordination von bestimmten starren Oszillatoren einfache rhythmische Bewegungen erzeugt werden können (siehe z.B. [1, 6]). Man darf aber nicht vergessen,



**Abb. 23: Originalaufnahmen (A, B) des menschlichen zentralen Nervensystems (ZNS).**

Anmerkung zu Abb. 23: A: Rückenmark mit Nervenwurzeln und Gehirn. Die langen Nervenwurzeln im lumbosakralen Bereich quantifizieren den Aszensus von caudalen Rückenmarkteilen (hauptsächlich lumbosakral), welcher in C schematisch dargestellt ist. Die längeren Nervenwurzeln im Bereich von Th2, 3 deuten auf einen leichten Aszensus der Intumescens cervicalis oder einer grösseren Variabilität (bezüglich der Zuordnung von Rückenmarksegmenten und Wirbelsegmenten) in diesem Bereich hin. Gewichtsverhältnis des ZNS oberhalb der Medulla oblongata zu unterhalb einschliesslich Wurzeln = 30:1. ZNS von 70jähriger Frau; Grösse ≈ 167 cm.

B: Rückenmark einschliesslich Medulla oblongata. Rückenmarkwurzellängen ähnlich charakteristisch wie in A. Entfernung zwischen der Intumescens lumbosacralis und cervicalis etwa 30 cm. Identifizierung der Nervenwurzel durch Abzählen von rostral nach caudal oder von caudal nach rostral mit dem Charakteristikum, dass die ventrale S1 Wurzel die letzte dicke Nervenwurzel ist in caudaler Richtung.

C: Schematische Zuordnung von Rückenmark- und Wirbelsegmenten.

D: Zeichnung von Medulla oblongata und Pons zum anatomischen Identifizierungsvergleich in A und B.

dass Simulationen zur Erzeugung von Bewegungen durch Kopplung von Oszillatoren eine sehr starke Vereinfachung der komplexen Funktionen von neuronalen Netzwerken des ZNS darstellen. Eine Selbstorganisation der Oszillatoren ist in diesen Modellsimulationen nicht vorgesehen.

#### g. Kopplung von neuronalen Netzwerken (anatomisch)

Um verletzte neuronale Teilnetzwerke zu reorganisieren und in ihrer Funktion zu verbessern, muss versucht werden, sie vermehrt unter supraspinale Kontrolle zu bringen (wenn das Rückenmark verletzt ist) oder sie an gut funktionierende

Netzwerke anzukoppeln. Kopplung kann durch intersegmentale und andere verbindende Bahnen oder durch Vernetzung von Netzerken bestehen oder erzeugt werden. Von der Entfernung der Intumescens lumbosacralis und cervicalis her gesehen ist die Notwendigkeit von ausgedehnter Kopplung offensichtlich, wie Abb. 23A, B nahelegt.

In Abb. 23 ist das ZNS des Menschen dargestellt. In Abb. 23B sind die etwa 30 cm voneinander entfernt liegenden Intumescens lumbosacralis (≈ Th12-L5, siehe auch Abb. 23C) und cervicalis (≈ C2-Th1) zu erkennen. Durch ein Koordinationsdynamik-Training von Armen und Beinen (und

**Neu!**  
«easy-line»

- ✓ leicht und wendig
- ✓ müheloses Aufstehen
- ✓ Integration in den Alltag
- ✓ Qualität im Sitzen und Stehen
- ✓ Stehtraining überall und jederzeit

LEVO AG DOTTIKON  
CH-5605 Dottikon  
Tel. 056/624 37 82  
Fax 056/624 31 15  
<http://www.levo.ch>  
[office@levo.ch](mailto:office@levo.ch)

ot

**Vertrieben durch:**

Bimed AG Bachenbülach  
01/860 97 97, Fax 01/860 95 45  
Gelbart Reha-Center Luzern  
041/360 00 12, Fax 041/360 16 30  
Gelbart Reha-Center Adliswil  
01/771 29 92, Fax 01/771 29 94  
Meditec J. Dubuis Bercher  
021/887 80 67, Fax 021/887 81 34  
M.J. REHAB Colombier  
032/841 22 90, Fax 032/841 42 90

Reha Hilfen AG Dättwil  
056/493 04 70, Fax 056/493 04 71  
Reha Hilfen AG Zofingen  
062/751 43 33, Fax 062/751 43 36  
Roll-Star Sementina  
091/857 67 33, Fax 091/857 68 00  
Theo Frey AG Bern  
031/991 88 33, Fax 031/992 20 21  
Transport Handicap Plan-les Ouates  
022/794 52 54, Fax 022/794 52 75  
Trend Reha AG Wünnewil  
026/497 92 10, Fax 026/497 92 14

**LEVO®**

**LEVO stellt auf und bietet Ihnen**  
Mobilität, Gesundheit, Selbständigkeit

## Gute Therapie-Liegen haben einen Namen...



**Praktiko**  
Made in Switzerland by **HESS**  
CH-Dübendorf

- Elektrische Höhenverstellung mit Fussbügel von ca. 42 - 102 cm
- Polstervarianten: 2-/3-/4-/5-/6-/7-/8teilig
- Polsterseiten beidseitig mit Gasdruckfeder stufenlos verstellbar
- Fahrgestell mit Rollen Dm 80 mm, Gummi grau und Zentral-Total-Blockierung
- Alle Liegen können mit Armteilen, Gesichtsteil, Seitenschienen und Fixationsrolle ausgerüstet werden

**HESS-Dübendorf: Für perfekte Therapie-Liegen**

- Senden Sie uns bitte eine Gesamtdokumentation
  - Physikalische Therapie
  - Unterlagen **Praktiko**-Liegen
  - Bitte rufen Sie uns an
- Name: \_\_\_\_\_  
Strasse: \_\_\_\_\_  
PLZ/Ort: \_\_\_\_\_  
Tel: \_\_\_\_\_
- 5/98
- HESS-Dübendorf**  
Im Schossacher 15  
CH-8600 Dübendorf  
Tel: 01 821 64 35  
Fax: 01 821 64 33

**50 Jahre**  
**HESS**  
CH-Dübendorf  
**1946 - 1996**

nicht nur der rechts-links-Koordination von jeweils Armen und Beinen) kann bei Verletzung von propriospinalen Bahnen (weisse Substanz des Rückenmarkes) und neuronalen Netzwerken des Rückenmarkes (graue Substanz, Schmetterlingsfigur) durch Kopplung das fast gesamte Rückenmark erfasst werden.

Bei Schädigung der Intumescentia lumbosacralis können durch ein Arm-Bein-Koordinationstraining nicht nur die Beinbewegungen verbessert werden, sondern auch vegetative Funktionen, da die Netzwerke des sacralen Miktionszentrums ( $\approx S2-S5$ ) mit denen der Beinbewegung ( $\approx L1-S4$ ) vernetzt sind. Die Netzwerke für die Beinbewegung werden an jene für die Armbewegung ( $\approx C2-Th1$ ) durch gekoppelte Arm-Bein-Bewegungen angekoppelt und die Netzwerke der Intumescentia cervicalis projizieren über den Nucleus dorsalis in den Hirnstamm [28], und weiter rostral, speziell, wenn beim Air-walking auch noch das Halten des Gleichgewichts trainiert werden muss (Abb. 17H, links). Durch ein Arm-Bein-Koordinationstraining wird das sakrale Miktionszentrum besser an supraspinale Zentren angekoppelt und sollte besser reorganisiert werden können, da die neuronalen Netzwerke für die Bewegung und die Miktion in der Intumescentia lumbosacralis vernetzt sind, die Intuzmescentien lumbosacralis und cervicalis durch die gekoppelten Arm-Bein-Bewegungen gekoppelt sind und die Intumescentia lumbosacralis in supraspinale Zentren projiziert. Beim Training mit voller Harnblase werden zusätzlich mehr Phasenkopplungen zwischen den Nervenzellen des somatischen und parasympatischen Nervensystems aufgebaut [16] und damit die Kopplung zwischen beiden Systemen gestärkt.

Verbesserungen von ZNS-Funktionen können durch Arm-Bein-Bewegungskopplungen auch in umgekehrter Richtung erzeugt werden. Bei Verletzung des Hirnstammes oder des Grosshirns werden beim Training von rhythmisch dynamisch stereotypen symmetrisch koordinierten Arm-Bein-Bewegungen, die im Rückenmark erzeugten stereotypen Bewegungsmuster den supraspinalen Zentren bezüglich des «drives» aufgezwungen, so dass Atmung (siehe oben) und Arm- und Beinbewegungen, gestört durch die Hirnverletzung, verbessert werden können.

Die isolierte Lage des Rückenmarkes im Vergleich zu anderen ZNS-Zentren ist in Abb. 23A gut zu erkennen. Das oberhalb der Medulla oblongata gelegene ZNS ist etwa 30mal schwerer als das Rückenmark (einschließlich Wurzeln), aber es kann nur Funktionen mit übernehmen, wenn verletzte Rückenmarksteile durch regenerierende Bahnen oder sich neu bildende Netzwerkverbindungen an supraspinale Zentren angekoppelt werden.

## Koordinationsdynamik-Trainingseinrichtungen

Die Koordination von Arm- und Beinbewegungen, das heisst die Synchronisation der Erregungen von Neuronen der Intumescentiae lumbosacralis und cervicalis kann sowohl ohne Hilfsmittel (z.B. durch Krabbeln, Gehen und Rennen) als auch mit Hilfsmitteln erreicht werden. Einige Hilfsmittel seien hier kurz vorgestellt.

**a. Strider oder Air-walker (Abb. 24A).** Der Strider koordiniert Arm- und Beinbewegungen absolut, wenn die rechte und linke Seite des Gerätes durch Gestänge gekoppelt sind. Er ist also ideal zum Training der Koordination von Arm- und Beinbewegungen. Die Fussmuskeln werden nur wenig trainiert. Die Fixierung kann auf der Fussführung gut erreicht werden (Abb. 17I). Streckspasmen in den Beinen können durch leichtes Vordrücken der Knie gelöst werden. Es entsteht wenig Belastung der Gelenke und des knöchernen Skeletts. Verschiedene Ausführungen haben unterschiedliche Radien der Bewegung und damit unterschiedliche Stabilität. Bei fehlender Kopplung zwischen rechts und links kann zusätzlich das Halten des Gleichgewichts trainiert werden (vermehrte Kopplung zu supraspinalen Zentren).

**b. Laufband.** Das Laufband [29] koordiniert relativ die Bewegung der Beine. Der grosse Vorteil ist, dass fast natürliches Gehen und Rennen über längere Zeiträume trainiert werden kann (nur die Beschleunigung ist rückwärts aufgrund des Bandlaufs). Durch Veränderung des Beinsetzens kann das Gehen und Rennen korrigiert werden. Streckspasmen können durch Veränderung des afferenten Inputs (unterschiedliche Bedeutung des Fussaufsetzens) gelöst werden. Beugespasmen können zur besseren Beinarbeit genutzt werden. Koordinierte Arm- und Beinbewegungen werden bei den gegenwärtigen Konstruktionen nicht trainiert, könnten aber durch eine Weiterentwicklung des Laufbandes in dem Sinne, dass koordinierte Armbewegungen vorgegeben würden, analog der Geräte für das Trockentraining für Skilanglauf, erreicht werden. Beinbelastungen können durch Aufstützen der Arme und durch Eihängung in eine Art Fallschirmaufhängung bei zu geringen Muskelkräften reduziert werden.

**c. Sprungbrett.** Das Sprungbrett erlaubt eine absolute Koordination der Beinbewegung. Beim Aufsetzen während des Springens wird ein absolut gleichzeitiger afferenter Input in beiden Füßen ausgelöst, was die Mitbewegung beim «schlechten» Bein fördert. Eine sehr grosse Dynamik wird beim Springen erzeugt. Geschwindigkeitsabhängige Spastik kann erzeugt werden.

**d. Rennanlage.** Die freie Rennanlage (siehe Oszillator-Formationstraining) erlaubt freies Rennen unter Gewichtsreduzierung. Leider kann die Bewegung kaum geführt und korrigiert werden.

**e. Skilanglauf-Trockeneinrichtung.** Sie koordiniert absolut Arm- und Beinbewegungen.

**f. Krabbeleinrichtung.** Sie koordiniert absolut Arm- und Beinbewegungen beim Krabbeln.

Die Kombination der verschiedenen Koordinations-Trainingsgeräte erscheint sinnvoll in Abhängigkeit von der Verletzung des ZNS. Auf dem Laufband werden beispielsweise Geh- und Rennbewegungen trainiert, mit dem Strider werden die Beinbewegungen an die Armbewegungen angekoppelt, und auf dem Sprungbrett wird die Dynamik trainiert. Aber die natürlichen Bewegungen wie Krabbeln, Gehen, Rennen sollten nicht unterschätzt werden, speziell wenn sie vom Trainer geführt werden, weil dann eine direkte und indirekte interpersonelle Koordination (siehe unten) möglich ist.

Der Erfolg einer ambulanten physiotherapeutischen Behandlung hängt von deren Effizienz und Intensität ab. Es ist also wichtig, in wieweit und wie oft der Patient zusätzlich zu Hause alleine oder mit den Familienangehörigen in der Woche trainieren kann. Ein Vorteil vom Strider und vom Sprungbrett und vielleicht auch von anderen Koordinations-Fitnesstrainern sind, dass sie zu Hause leicht einsetzbar sind.

## Effizienz des Koordinationsdynamik-Trainings

Da sich das verletzte ZNS auch viele Jahren nach der Verletzung in seiner Funktion verbessern kann und trainingsinduzierte Reorganisation des ZNS oft nur langsam voranschreitet (in Abhängigkeit von der Verletzung), ist die Effizienz von Trainingsmethoden zur Reorganisation des ZNS wesentlich.

Die Effizienz der Reorganisation wird beeinflusst von genetischen Reparaturmechanismen (und deren mögliche (pharmakologische) Beeinflussung), Trainingszeiten und Trainingsmethoden. Genetische Reparaturmechanismen setzen bei der Erholung des Rückenmarks nach Kompression, Schlag- und Drucktrauma und direkter Verletzung ein. Die Erholung nach kurzzeitiger Kompression scheint am schnellsten zu sein. Trainiert werden sollte wahrscheinlich zweimal täglich, siebenmal pro Woche mit vielleicht reduziertem Training an ein bis zwei Tagen. Eine achttägige Unterbrechung des täglichen Trainings brachte bei einer Kompressionsschädigung des Rückenmarks bereits eine Zurückstufung des Trainings-

## PRAXIS

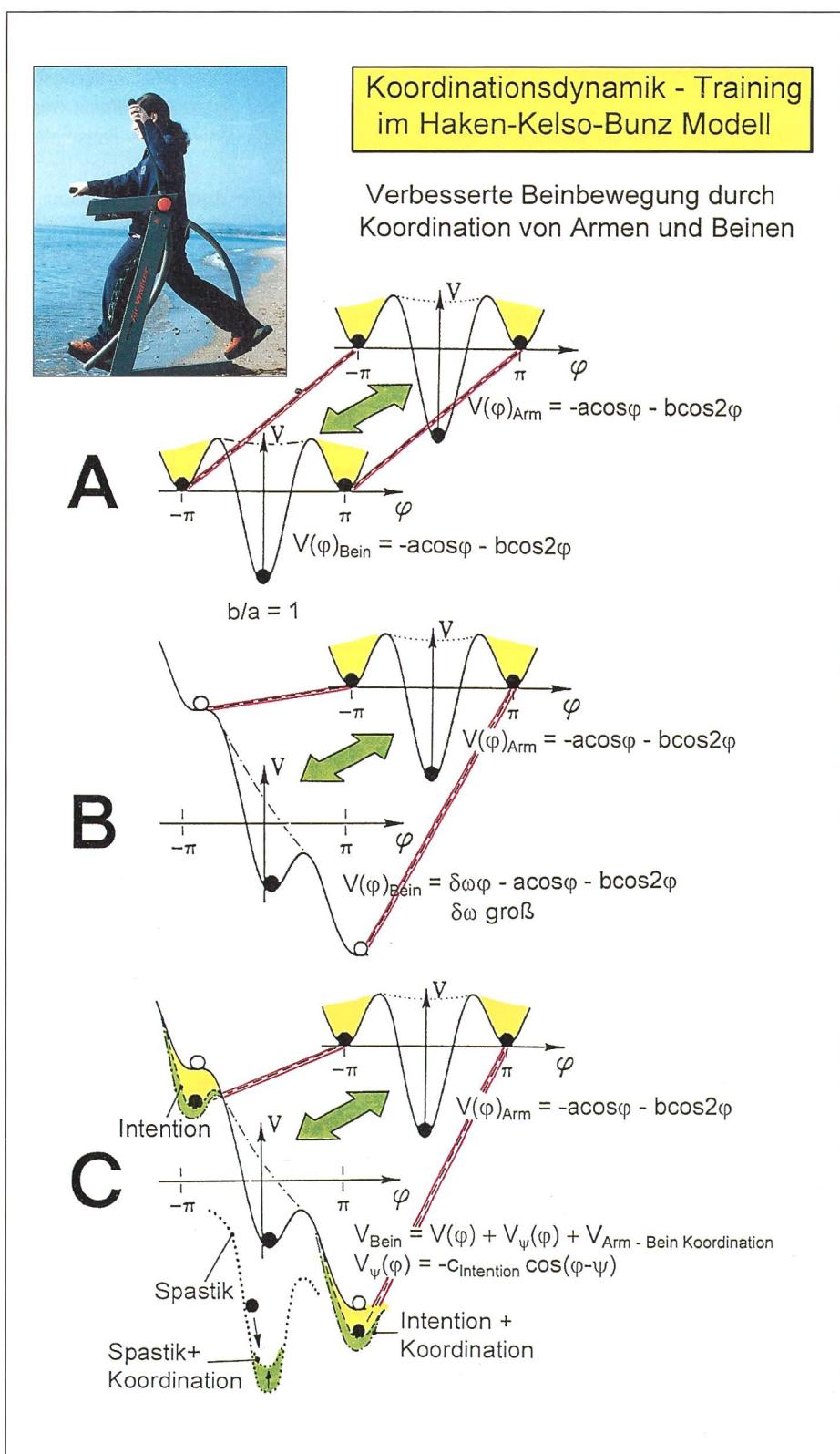
erfolges um etwa vier Tage (Abb. 27) zusätzlich zu den verlorenen acht Therapietagen. Effizienzbetrachtungen bei der Umorganisation des ZNS sind also wesentlich, wenn wegen der sehr unterschiedlichen Verletzungen des ZNS auch schwer zu beurteilen. Beim Koordinationsdynamik-Training sollten die Prinzipien des Leistungssports oder des Fitness-Trainings angewendet werden, unter Berücksichtigung der ZNS-Verletzung. Unklar ist, wie das ZNS am schnellsten umorganisiert werden kann: Viel Bewegungen und mit wenig Kraftaufwand oder weniger Bewegungen mit viel Kraft. Beim «Air-walking» sind viele Bewegungen mit wenig Kraft möglich. Beim Springen in Gegenphase auf dem Sprungbrett werden wenig Sprünge mit viel Kraftaufwand durchgeführt. Beim Gehen auf dem Laufband kann bei niedriger Geschwindigkeit länger gegangen werden als bei hoher Geschwindigkeit.

Das Setzen des Fusses durch den Trainer beim Gehen auf dem Laufband oder beim Springen auf dem Sprungbrett oder das Führen der Knie beim «Air-walking» hilft in einen physiologischeren Bewegungsablauf. Die Hilfe kann aber dazu führen, dass sich der Patient an die Hilfestellung gewöhnt und nicht mehr versucht, diese Bewegung selbstständig auszuführen. Ein Alternieren zwischen z.B. Gehen mit und ohne Hilfestellung (wenn möglich) (Abb. 29A, B) ist vielleicht bezüglich des motorischen Lernens günstig. Um den neuronalen Netzwerkzuständen des ZNS möglichst viele formende Randbedingungen vorzugeben, ist es sicherlich vorteilhaft, mehrere Trainingsmethoden gleichzeitig anzuwenden oder mehrere Trainingsgeräte zu verwenden.

### «Air-walking im Haken-Kelso-Bunz (HKB)-Modell

Um eine gestörte Beinbewegung an eine physiologische Armbewegung anzukoppeln (oder umgekehrt) und um generell caudale Rückenmarks-teile an supraspinale Zentren anzukoppeln, ist

das «Air-walking» (Luftgehen) sehr hilfreich. Die absolut koordinierte Bewegung von Armen und Beinen führt zu synchronisiertem und koordiniertem afferenten Input von Rezeptoren der Haut, der Gelenke, der Muskelspindeln, der Sehnenorgane und anderen Rezeptoren zu Motoneuronen und Interneuronen und zur Koordination von Neu-



**Abb. 24:** Versuch der Beschreibung der Koordination von Armen und Beinen im Haken-Kelso-Bunz-Modell beim Bewegen im Strider (Air-walker) (A oben; Gegenphase-Bewegung).

ronen und rhythmisch feuernden neuronalen Teile des Netzwerken und relativ synchronisiertem Input von Motoneuronen und Interneuronen zu Motoneuronen und Interneuronen. Ein neuronaler kohärenter Netzwerkzustand wird im Rückenmark (und teilweise in rostralen Zentren) von der Intumescens lumbosacralis zur Intumescens cervicalis aufgebaut, welcher die koordinierte Bewegung erzeugt und sich über das Kurzzeitgedächtnis stetig verbessert, bis Erschöpfung eintritt. Dieser Netzwerkzustand wird auch «Bewegungsmustergenerator» genannt.

Rhythmische Finger-, Arm- und Beinbewegungen können jeweils im HKB-Modell beschrieben werden. Die gekoppelte Bewegung von Armen und Beinen beschreibt das HKB-Modell nicht. Eine näherungsweise Beschreibung wird hier versucht, in dem für die Arm- und Beinbewegung jeweils die gleiche Potentialform angenommen wird (Abb. 24A). Durch die direkte Kopplung von Rechts und Links im Gestänge des Striders («Air-walkers») ist nur noch die Bewegung in Gegenphase möglich ( $\varphi = \pm \pi$ ). Das Potentialtal für die Bewegung «in Phase» bei  $\varphi = 0$  verschwindet weitgehend, wie in Abb. 24 durch eine gepunktete Linie angedeutet ist. Auch bei einem Strider, bei dem eine Bewegung «in Phase» möglich ist (Abb. 17H, links), wird dieser Bewegungszustand auch bei Erschöpfung nicht eingenommen. Durch

die gekoppelte Arm- und Beinbewegung durch den Strider kann nun die Beinbewegung an die Armbewegung (oder umgekehrt) bezüglich des afferenten Inputs und der Intention angekoppelt werden (Abb. 24A, B; *Kopplung durch gestrichelte Linie angedeutet*). Bei einer Rückenmarkverletzung unterhalb der Intumescens cervicalis oder entsprechender Hirnverletzung kann die schlechte Beinbewegung ( $\delta\omega \neq 0$ ) an die relativ physiologische Armbewegung angekoppelt werden (Abb. 24B). Mit Intention und viel Willen können im Strider jetzt die geringen Beinbewegungskräfte voll genutzt und verbessert werden, was in Abb. 24C durch eine Vertiefung der Potentialform für die Beine bei  $\varphi = \pm \pi$  angedeutet ist. Der zusätzliche Effekt der absoluten Koordination bei der Verbesserung der Beinbewegung ist in Abb. 24C durch eine zusätzliche Vertiefung des Potentials bei  $\varphi = \pm \pi$  mit einer Punkt-Strich-Linie und durch eine Auffüllung des Spastiktales angedeutet. Der schwarze Systemzustandsball rollt nicht mehr so tief ins Spastikpotential-Tal. Streckspasmen der Beine sind auf dem Strider leichter zu lösen als auf dem Laufband oder dem Sprungbrett, wahrscheinlich weil der koordinierte Bewegungszustand «Air-walking» ausgedehnter ist, weniger Kraft zu seiner Erzeugung benötigt wird und die Bewegungen weniger dynamisch sind (geringere Aktivierung von Afferenzen, z. B. von Muskelspindeln, die weniger Erregung und Fehler-

regung im Rückenmark erzeugen (Abb. 22)). Mit den Fussfixierungen der Fusspedale (Abb. 17I) kann ein sich bessernder Patient viel früher alleine zu Hause trainieren und so physiotherapeutische Massnahmen, zweimal wöchentlich durchgeführt, entscheidend unterstützen.

Ein Patient, der grosse Teile des Motorkortex für Hand-, Arm- und Beinbewegungen verloren hat und mit etwa dreisekündiger Konzentrationsarbeit gerade in der Lage ist, mit einer Hand den Stridergriff zu greifen (die kohärente Aktivität ausgedehnter Hirnareale reicht gerade für eine Greifbewegung und nicht für zwei), kann – wenn die Bewegung erst einmal läuft – fast normal das «Air-walking» ausführen, um das Grosshirn umzuorganisieren, damit eine verbesserte Beinbewegung, Arm-Bein-Koordination und Armbewegung möglich wird (Abb. 28C). Nach bereits drei Tagen empfand eine schwer hirngeschädigte Patientin (Abb. 28) bereits das Strider-Training (einschließlich Laufbandtraining und freies (behindertes) Gehen) als viel leichter (siehe unten).

Die Artikel «Oszillator-Formationstraining» («Physiotherapie» Nr. 3 und 4/98) sowie «Koordinationsdynamik-Training» («Physiotherapie» Nr. 5 und 6/98) können beim Autor G. S. als Sonderdruck bestellt werden.

## Koordinationsdynamik-Training

### «Wiedererlernen des Rennens und der Kontinenz bei ZNS-Verletzung» (Teil 2)

Falldarstellungen • Rhythmustraining bei nicht verletztem ZNS • Interpersonelle Koordination • Wiedererlernen von vegetativen Funktionen • Training von Stellreflexen und Automatismen • Schlussfolgerungen und Ausblick • Referenzen in der nächsten «Physiotherapie» Nr. 6/98



# WIEDER GOOD NEWS:

ENRAF NONIUS ist ein nicht wegzudenkender Partner in der Physiotherapie und steht mit seinem stets weiterentwickelten Geräteprogramm jeweils im Mittelpunkt des Geschehens, ganz besonders in folgenden Bereichen:

- Ultraschalltherapie      ● Hochfrequenztherapie      ● Thermotherapie      ● Hydrotherapie
- Elektrotherapie      ● Massage- und Behandlungsliegen      ● Trainings-Therapie      ● Verbrauchsartikel

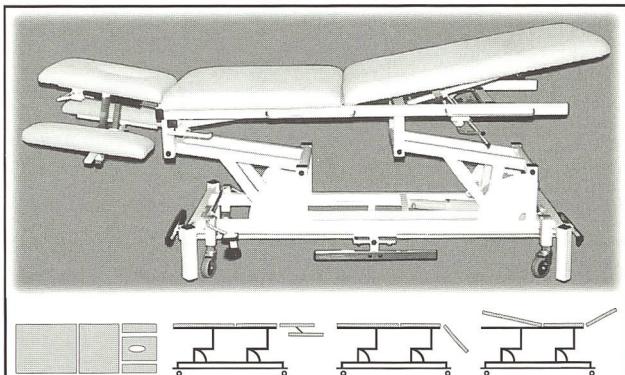
Ihre ENRAF-NONIUS-Ansprechpartner:

MTR Medizin / Therapie / Rehab, Roosstrasse 23, 8832 Wollerau, Telefon 01 - 787 39 40, Fax 01 - 787 39 41  
 Jardin Medizintechnik AG, Feldmattstrasse 10, 6032 Emmen, Telefon 041 - 260 11 80, Fax 041 - 260 11 89  
 Comprys SA, Casella postale 498, 6612 Ascona, Telefon 091 - 791 02 91, Fax 091 - 791 04 71 (Kt. Tessin)

**RESI** Ihr Partner mit dem zuverlässigen Service  
**MASSAGE- UND BEHANDLUNGSLIEGEN**  
 PIAZZA STAZIONE 3  
 6600 MURALTO

tel. 091/743 05 05  
 fax 091/743 05 06

- 2-bis 10-teilige Liegen
- Manualtherapie-Liegen
- Bobath - Liegen
- Extensions-/Kipp-Tisch
- Robuste Konstruktion mit 2 Jahren Garantie
- Massanfertigung ohne Aufpreis möglich
- Grosse Farbenauswahl für Bezug und Rahmen
- Kostenlose Beratung durch unseren Innenarchitekten



JORDAN F+

Fr. 2800,-

- ✓ Masse: 195x70, 5-teilig
- ✓ Absenkbare Armstützen
- ✓ Kopfteil verstellbar, mit Gasfederdampfer
- ✓ Gesichtsöffnung mit Abdeckung
- ✓ Drainagelagerung der Beine
- ✓ Elektrisch höheverstellbar von 48-108cm
- ✓ Rundum - oder Fusschalter
- ✓ Zentralbremse
- ✓ Gratis Schaumstoffrolle im selben Bezug

## Brauchen Sie eine Behandlungsliege?

Kommen Sie zu Paramedi!



z.B. Profimed 5

Steileige Behandlungs Liege ab Fr. 2830.- inkl. MwSt.  
 Komplett mit Fussrundumschaltung, Fahrgestell (wie Foto) Fr. 3290.- inkl. MwSt.



Verlangen Sie unsere  
 Ausführlichen Unterlagen

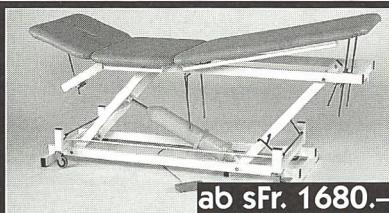
Saum 13  
 9100 Herisau  
 Tel.: 071/352 17 20  
 Fax: 071/352 17 20

PHYSIOTHERAPIE  
 BEHANDLUNGSLIEGEN  
 MASSAGEPRODUKTE  
 GYMNASTIK

Wer nicht inseriert –  
 wird vergessen!

**RehaTechnik**

- Massage und Therapieliegen
- Schlingentische und Zubehör



ab sFr. 1680.-

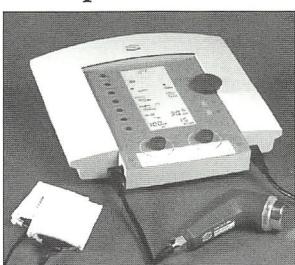
**LEHRINSTITUT RADLOFF**

CH-9405 Wienacht-Bodensee  
 Telefon 071-891 31 90  
 Telefax 071-891 61 10

# VON ENRAF NONIUS



Sonopuls 491 – das auch preislich tragbare tragbare Ultraschall- und Reizstrom-Therapiegerät im Superdesign... sollte aus folgenden Gründen ganz oben auf der 98er-Wunschliste stehen:



- ideales Preis-/Leistungsverhältnis
- Ultraschall mit Multifrequenzkopf
- Kombigerät mit bipolarer Interferenz, Tens und Gleichstrom
- 10 frei programmierbare Speicherplätze
- für Netz- und Akkubetrieb

Sonopuls 490: nur Ultraschall-Therapiegerät

– > Verlangen Sie die detaillierten Unterlagen < –