Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia
Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
Band: 36 (2000)
Heft: [1]

Artikel: Koordiantionsdynamik-Therapie : Rüchenmarkverletzung
Autor: Schalow, Giselher / Molnar, Gabor
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929544

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: 05.12.2025

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

PRAXIS

Koordinationsdynamik-Therapie: Rückenmarkverletzung

Giselher Schalow und Gabor Molnar, Department of Neurology and Rehabilitation, University Hospital Tampere, PB 2000, 33521 Tampere, Finland

Fünf und zehn Jahre nach einer paretischen zervikalen Rückenmarkverletzung erlernten zwei Patienten durch eine 3-monatige Koordinationsdynamik-Therapie wieder das Rennen. Unter der Therapie verringerte sich die Spastizität, die Knie wurden nicht mehr überstreckt, und die Bewegungsausführungen wurden besser, obwohl die Bewegungsmuster vom Gehen und Rennen noch immer nicht physiologisch waren. Da die Therapie 5 und 10 Jahre nach der Rückenmarkverletzung ausgeführt wurde, wird gefolgert, dass (1) die Bewegungsverbesserungen bei den Patienten eine Folge der Therapie waren und (2) dass die Funktionen des Zentralen Nervensystems (ZNS) noch viele Jahre nach der Rückenmarkverletzung wesentlich verbessert werden können, obgleich allgemein geglaubt wird, dass Patienten nach zwei Jahren den Endzustand der Therapie erreicht haben. Die Ergebnisse der beiden Falldarstellungen legen nahe, dass viele Jahre nach einer Rückenmarkverletzung noch wesentliche ZNS-Funktionsverbesserungen bei den Patienten erreicht werden können.

Schlüsselwörter

- **Koordinationsdynamik-Therapie**
- **Rückenmarkverletzung**
- **Neuronale Netzwerke**
- **Selbstorganisation**
- **Frequenz- und Phasenkoordination**
- **Neurogenese**
- **Integratives Lernen**
- **Instrumentiertes Lernen**

Einleitung

Mit der Verbesserung der Erstversorgung sind die meisten Rückenmarkverletzungen inkomplett (para- oder tetraparetisch). Da das Rückenmark ein Teil des Zentralen Nervensystems (ZNS) ist, gehören die Rückenmarkverletzungen zu den ZNS-Verletzungen. Da das Rückenmark etwa 1/30 des ZNS wiegt *(siehe Abb. 23 von* [1]), ist der Substanzverlust bei einer Rückenmarkverletzung in Bezug auf das gesamte ZNS geringfügig. Die Schwere der Rückenmarkverletzung resultiert aus der kompletten oder teilweisen funktionellen Trennung des kaudalen Rückenmarkes von supraspinalen Zentren. Die motorischen Zentren im Rückenmark, welche die Muskeln ansteuern, sind von der willkürlichen Aktivierung und motorischen Kontrolle supraspinaler Zentren abgeschnitten. Eine adäquate Therapie zur Wiederherstellung der wesentlichen Funktionen nach Rückenmarkverletzung muss daher versuchen, die verbliebenen neuronalen Netzwerke des ZNS durch Reorganisation (Plastizität) maximal zu nutzen und muss versuchen, neue Neurone an der Verletzungsstelle des Rückenmarkes zu substituieren, um das partiell funktionell abgetrennte kaudale Rückenmarksteil wieder unter supraspinale Kontrolle zu bringen. Einer Neubildung von Nervenzellen (Neurogenese) und deren funktionellem Einsatz kommt dabei Bedeutung zu.

Aufgrund vier neuer Entwicklungen in der Human-Neurophysiologie kann das verletzte oder in seiner Funktion beeinträchtigte ZNS des Menschen reorganisiert und damit repariert werden. Die vier neuen Konzepte sind:

1. Die Selbstorganisation neuronaler Netzwerke (Koordinationsdynamik) [3]. Das ZNS wird als ein Netzwerk angesehen, welches in seiner Organisation durch Umlernen veränderbar ist.

2. Die Selbstorganisation findet statt durch eine relative (spezifisch wechselnde) Frequenz- und Phasenkoordination [2, 4, 5, 11].

3. Die Neubildung von Nervenzellen (Neurogenese) und deren funktionelle Proliferation wird induziert und gesteuert durch koordinierte rhythmische Lernprozesse [6, 7, 8, 11].

4. Das Integrative Lernen, Speichern und Abrufen von Netzwerkzuständen als zweite distributive Funktionsmöglichkeit des menschlichen ZNS (neben der relativ lokalisierten) und deren Einsatz bei der Reorganisation des verletzten ZNS. Dieses Konzept ergibt sich aus der klinischen Praxis, dass fast jeder Patient mit einer Verletzung des ZNS in seinen Funktionen entscheidend verbessert werden kann beim kon-sequenten Einsatz adäquater Physiotherapie [1, 2, 5, 11] (Folgerung für die Theorie aus Umlernvorgängen bei Patienten mit ZNS-Verletzungen).

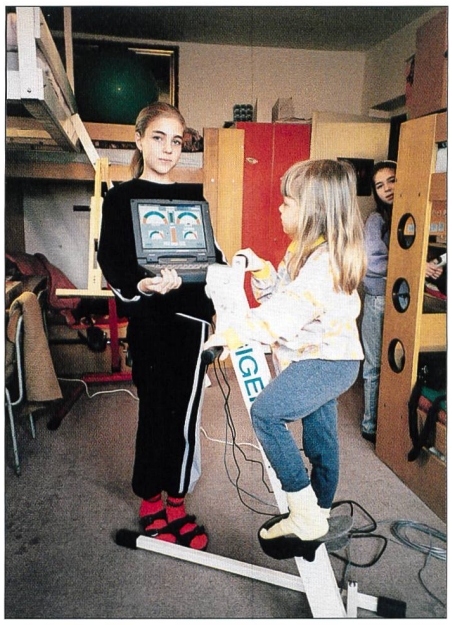

Abb. 75: **Die 5-jährige Katarina mit leichter Fehlorganisation des ZNS bei der Koordinationsdynamik-Therapie. Sie schaut sich auf dem Computerdisplay ihre ZNS-Organisation an und versucht ihre augenblickliche Koordinationsdynamik zu verbessern. Die ältere Schwester erklärt ihr, was sie auf dem Display alles sieht.**

Das verletzte ZNS wird repariert durch ein Wiedererlernen von verloren gegangener Frequenz- und Phasenkoordination beim Wiedererlernen koordinierter rhythmischer Bewegungen. Bei schweren ZNS-Verletzungen ist eine Reparatur nur möglich, wenn das instruierte Lernen integrativ, koordiniert und effizient ist. Das Wiedererlernen von relativer Frequenz- und Phasenkoordination des verletzten ZNS kann erreicht werden durch:

1. Den Einsatz von Therapiegeräten, die auf wenige Millisekunden genau Frequenz- und Phasenkoordination vorgeben (instrumentiertes instruiertes Wiedererlernen von verloren gegangenen Netzwerkfunktionen) *(Abb. 75)*.
2. Das Training von Automatismen, Haltungen und alt eingelernten Bewegungsmustern, die durch die Verletzung nur wenig in ihrer Funktion verändert sind *(Abb. 76)*.

Methode

Durch die Koordinationsdynamik-Therapie erlernten die tetraparetischen rückenmarkverletzten Patienten wieder das Rennen und andere ZNS-Funktionen. Die Koordinationsdynamik-Therapie ist eine adäquate Therapie bei ZNS-Verletzungen, weil mittels ihr verloren gegangene Frequenz- und Phasenkoordination wiedererlernt werden kann. Die Grundstrukturen der Organisationsweise des ZNS sollen wiedererlernt werden, nämlich die verloren gegangenen Frequenz- und Phasenkoordinationen. Bei den Therapiemethoden der Neurorehabilitation ist die Effizienz wichtig [2], weil Lernprozesse im ZNS nur langsam voranschreiten.

Die Erhöhung der Wiedererlernrate der spezifischen räumlich-zeitlichen Aktivitätsmuster der vielen Milliarden Neurone der neuronalen Netzwerke des ZNS, bei denen durchschnittlich jedes Neuron Verbindungen mit 4000 anderen Neuronen eingeht, wird bei der Koordinationsdynamik-Therapie durch vier Faktoren bestimmt:

1. Die Genauigkeit der Koordination der Bewegungen während der Therapie, um funktionell getrennte Netzwerkteile wieder zu verbinden und nicht bewegliche Gliedmassen wieder anzukoppeln an die Gesamtbewegung *(Abb. 34* (Koinzidenzdetektor] Abb. 76 A–D *und 35* (Mitbewegung) aus [2, 11]).

Anmerkungen zu Abb. 76:: *A:* Patient 3 rennt – sich abstützend auf dem Laufband. Im Hintergrund unterstützt Patient 4 den Laufrhythmus mit einer Trommel, um seinem Mitpatienten in einen besseren Laufrhythmus zu helfen.

B: Patienten während Air-walking in interpersoneller Koordination. Obgleich die Air-walker unterschiedliche Eigenschaften hatten und Patient 4 auf der rechten Seite mehrmals das Air-walking unterbrach, so ging das Air-walking beider Patienten nach jeder Unterbrechung automatisch wieder in koordinierte Bewegungen über. Wenn die Air-walker verschoben wurden, so dass sich die Patienten nicht sehen konnten, dann stellte sich keine interpersonelle Koordination zwischen dem Air-walking beider Patienten ein.

C: Air-walking zu Beginn der Therapie. Um das Air-walking in seiner Ausführung zu verbessern, gibt der Therapeut (Autor G.S.) interpersonelle Koordinations-Stimulation durch synchrones Schwingen der Arme.

D: Training des Treppensteigens in interpersoneller Koordination mit dem Therapeuten.

Abb. 76: **Koordinationsdynamik-Therapie bei zwei tetraparetischen Patienten (Läsion sub CV (38-jährig, 5 Jahre nach dem Unfall, Patient 3) und sub CVI/CVII (40-jährig, 10 Jahre nach dem Unfall, Patient 4), welche das Rennen wieder erlernten.**

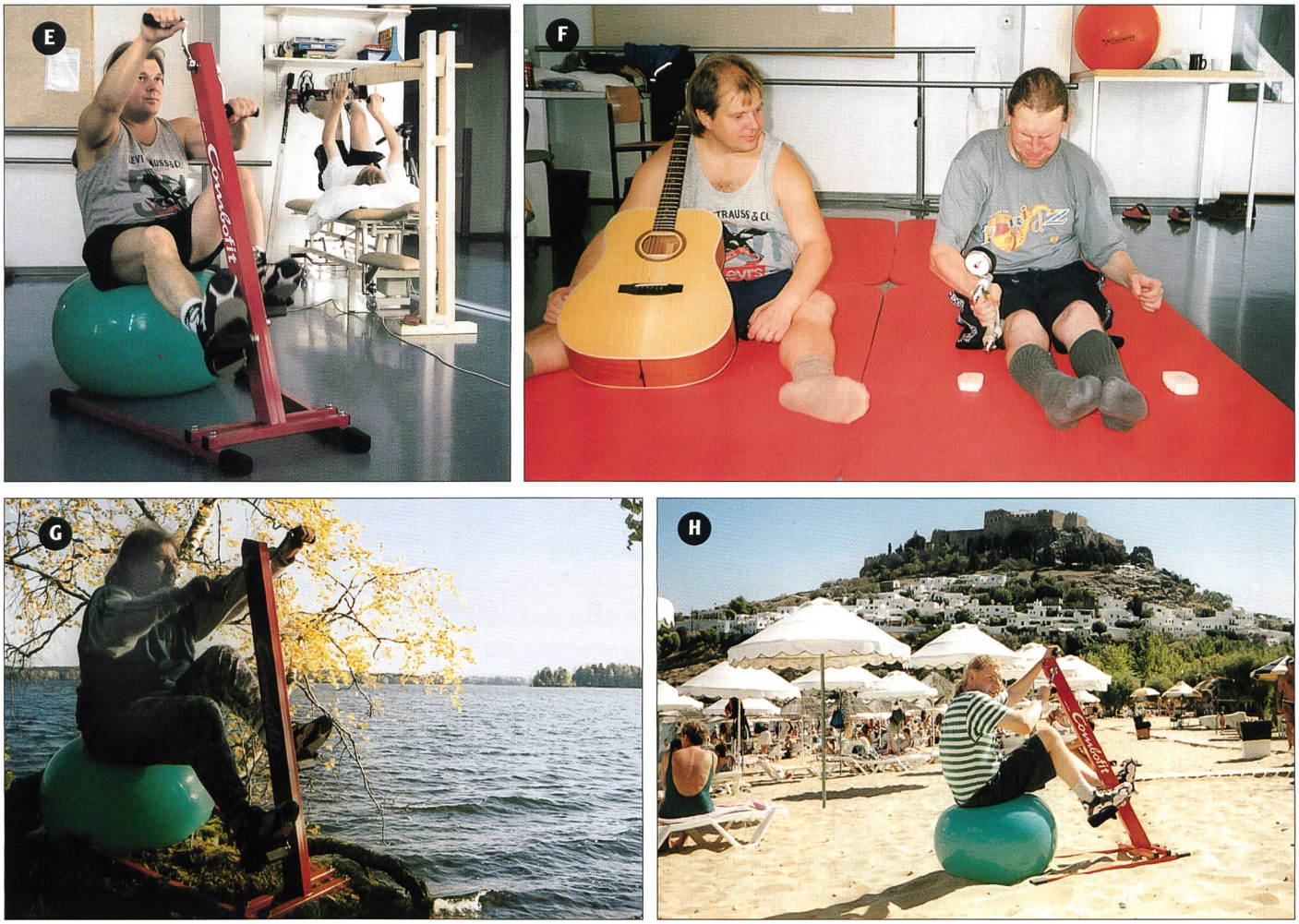

Abb. 76 E–H: **Koordinationsdynamik-Therapie bei zwei tetraparetischen Patienten**

Anmerkungen zu Abb. 76:: *E:* Wieder-Erlernen der Koordinationsdynamik von Armen, Beinen und Rumpf in sitzender und liegender Stellung. In sitzender Stellung auf dem Ball wird zusätzlich das Gleichgewicht trainiert. In Rückenlage können Finger- und Zehenbewegungen in Koordination mit Armen, Beinen und Rumpf trainiert werden (das Gerät ist eine Hilfskonstruktion).
F: Wiedererlernen des Gitarrespielens (alt eingelernte Bewegung von Patient 4) und Handkraft-Training von Patient 3 (Patient gerade während der Messung der Handgreifkraft).
G, H: Training der Koordinationsdynamik auf einem transportablen Gerät in angenehmer Umgebung zur Motivationssteigerung (am See Vesijärvi bei Pikonlinna, nahe Tampere, Finnland (G) und vor der Akropolis von Lindos, Rhodos, Griechenland (H)).

2. Die Erhöhung der Integrativität bei der Koordinationsdynamik-Therapie, um möglichst viele Frequenz- und Phasenkoordinationen gleichzeitig zu trainieren, um möglichst viele Teilfunktionen (Teilnetzwerkzustände) gleichzeitig zu trainieren und zu koordinieren (Baumstruktur von Netzwerkzuständen, siehe Chaos-Theorie [9]) und um auch die sehr integrativen Funktionen, wie die höheren geistigen Funktionen, zu verbessern.
3. Die Erhöhung des physiologischen bewegungsinduzierten re-afferenten Inputs und der deszendierenden Impulsmuster zur Stärkung der physiologischen Selbstorganisation der verletzten neuronalen Netzwerke und deren Kommunikation mit der Aussenwelt durch Regelprozesse [2].
4. Durch die Intensität der Therapie: die «adaptive Maschine ZNS» passt sich nur an, wenn sie gefordert wird.

Bewegungen, die bei der Koordinationsdynamik-Therapie ausgeführt werden, sind unter anderen Bewegen auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät *(Abb. 75)*, Air-walking, Gehen und Rennen auf dem Laufband, freies Gehen und Rennen, Krabbeln, Springen, Treppensteigen *(Abb. 76)*. Nur beim speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät kann bisher die augenblickliche Koordinationsdynamik des ZNS des Patienten direkt gemessen werden *(Abb. 75)*. Weitere Information zur Koordinationsdynamik-Therapie siehe [1, 2, 11].

Ergebnisse

Beim 40 Jahre alten Patienten (5 Jahre nach der paretischen Rückenmarkverletzung sub CV) stieg die Anzahl der Sprünge in Gegenphase pro Serie von 20 auf 600 etwa stufenförmig *(Abb. 77B)*. Die mittlere Gehgeschwindigkeit über 26 m stieg von 5,3 auf 7,5 km/h und die mittlere Renngeschwindigkeit von 6,1 auf 8,7 km/h. Die Abnahme der Renn- und Krabbelzeiten ist in *Abb. 77C, D* dargestellt. Die Greifkraft der Hände *(Abb. 76F)* stieg in der rechten Hand von 5 auf 12 kg und in der linken Hand von 20 auf 24 kg *(Abb. 77E)*; physiologische Werte sind etwa 40 kg. Der Patient benutzte speziell zur Entwicklung der Greifkraft in der rechten Hand Hilfsmuskeln. Mit verkürzten Handgelenkssehnen und einer Dorsalflexion der Hand konnte der Patient zum Greifen zusätzlich auch Armmuskeln heranziehen, um Handgreifkraft zu entwickeln.
Beim 38 Jahre alten Patienten (10 Jahre nach der paretischen Rückenmarkverletzung sub CVI/CVII) stieg die Anzahl der Sprünge in Gegenphase pro Serie von 50 auf über 1100 *(Abb. 78)* und wurde dann limitiert auf 500/Tag, um die Gelenke nicht zu überlasten. Die mittlere Gehgeschwindigkeit über 26 m stieg von 6,7 auf 9,3 km/h und die mittlere Renngeschwindigkeit von 8,4 auf 10,4 km/h *(Geh- und Rennzeiten siehe Abb. 78B)*. Die

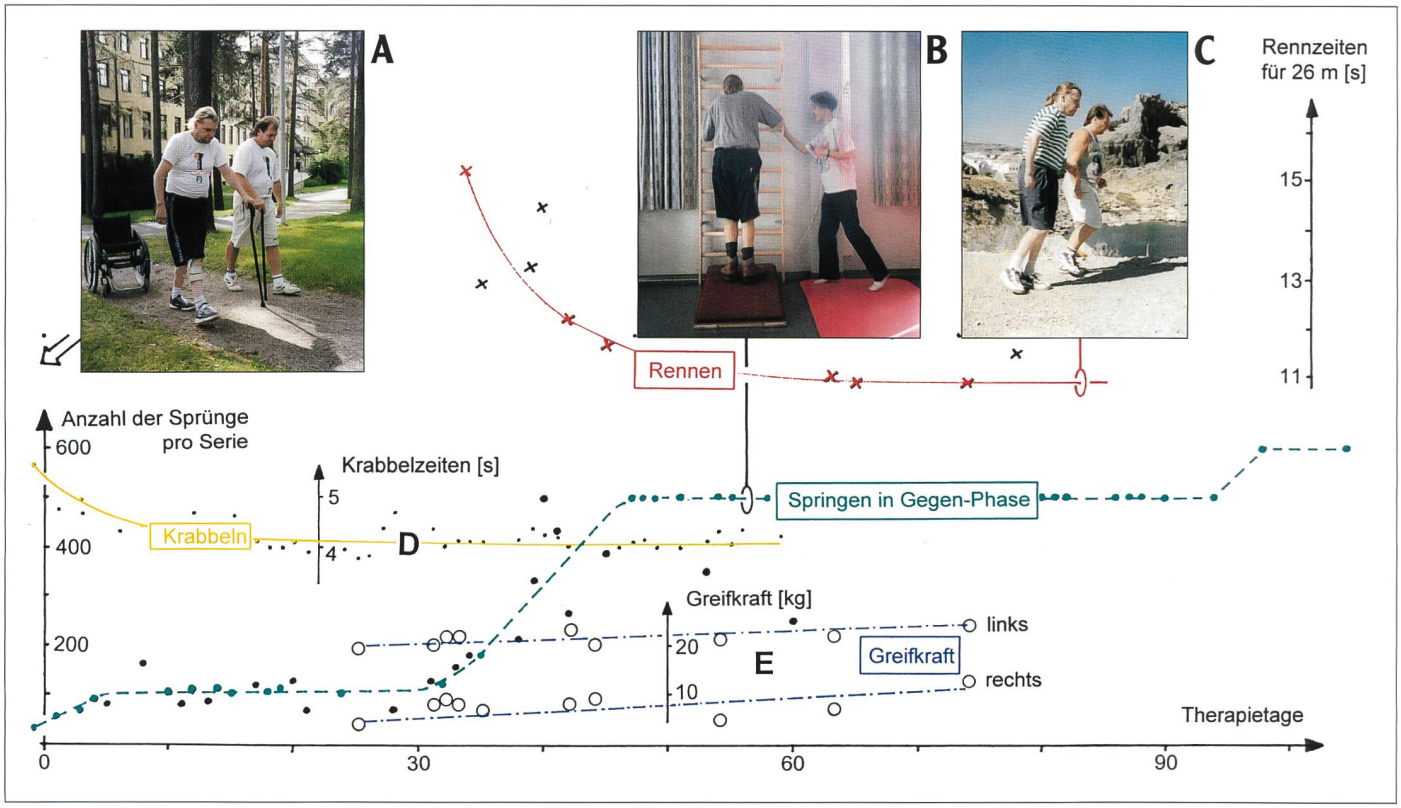

Abb. 77: **Verbesserung der motorischen Funktionen infolge einer Koordinationsdynamik-Therapie für 3 Monate, 5 Tage pro Woche und 3½ Stunden pro Tag bei einem 40-jährigen Patienten (Patient 3) 5 Jahre nach einer Rückenmarkverletzung sub CV.**

Anmerkungen zu Abb. 77:: Der ambulante Patient (B) kam zur ersten Therapie mit einer Gehhilfe und Stützen an den Beinen (A) und konnte nach 3-monatiger Therapie rennen (C, im Hintergrund die Akropolis von Lindos). Die Verbesserung der Reorganisation des ZNS wurde quantifiziert durch die Anzahl der Sprünge pro Serie (B) beim Springen in Gegen-Phase auf einem Sprungbrett (B, die Mittelwerte der ersten drei Sprungserien [mit einminütigen Intervallen] sind aufgetragen), durch die Verringerung der schnellsten Rennzeiten über 26 m (C), durch die Verringerung der Krabbelzeiten über 5 m (D) und mittels des Anstieges der Handgreifkraft (E). Man beachte, dass die Anzahl der Sprünge pro Serie stufenförmig von 30 auf 600 anstieg, welches eine Beteiligung von verschiedenen Regenerationsmechanismen andeutet. Man beachte weiter, dass die Handgreifkraft der rechten Hand viel kleiner war als die der linken Hand, obwohl bei der rechten Hand Hilfsmuskeln zur Kraftentwicklung herangezogen wurden.

Greifkraft der rechten Hand stieg von 30 auf 33 kg und die der linken Hand von 15 auf 18 kg *(Abb. 78C)*. Hilfsmuskeln wurden zur Entwicklung der Greifkraft nicht benutzt.

Obgleich es scheint, als ob die beiden Patienten ähnliche Rückenmarkverletzungen hatten, so deutet die unterschiedliche Erholung der Bewegungsfunktionen doch auf eine unterschiedliche Verletzung und/oder einen unterschiedlichen Regenerationsprozess hin. Der Bewegungsablauf des Rennens war beim ersten Patienten am besten bei der höchst möglichen Geschwindigkeit, während beim zweiten Patienten die Ausführung der Bewegung am besten bei niedrigerer Renngeschwindigkeit war. Beim ersteren Patienten nahm die Anzahl der Sprünge in Gegenphase langsamer und stufenweise, beim zweiten schneller und kaum stufenartig zu. Es ist daher schwierig, solche Patienten in Gruppen für eine statistische Analyse einzuordnen, weil erstens die wesentlichen Unterschiede der Verletzungsweise sich meist erst bei der Reorganisation des ZNS zeigen und weil zweitens die Therapiemethode an die spezielle Verletzung angepasst werden muss.

Diskussion

Die Abhängigkeit der Verbesserung des Gehens und Rennens von der Therapiezeit ist in beiden Falldarstellungen ähnlich und ähnelt jener, welcher nach einer Conus medullaris-Läsion auftrat *(Abb. 27* [1]). Nur die Messpunkte streuten stärker. Es erscheint daher, dass die Renngeschwindigkeit ein ziemlich unspezifischer Parameter zur Messung der Verbesserung der Organisation des verletzten ZNS ist. Aus klinischer Sicht ist es ausreichend, einen verlässlichen Parameter zu haben, der die Verbesserung der Funktionen des ZNS mit fortschreitender Therapie misst. Vom Forschungsstandpunkt aus wäre es wünschenswert, Messparameter zu haben, welche die unterschiedlichen Reorganisationsmechanismen, wie Neurogenese, Änderung der Effizienz von Synapsen, Wachsen von Axonen und Dendriten und Änderungen von Membraneigenschaften widerspiegeln. Das Auftragen der mittleren Anzahl der Sprünge pro Sprungserie gibt möglicherweise etwas Information über den Mechanismus der Reorganisation. Das Zeitintervall von 4 bis 6 Wochen *(angenäherte Plateauzeit in Abb. 77B)* könnte angenähert die Proliferationszeit von Neuronen während der Neurogenese von Stammzellen sein. Es könnte sein, dass beim Patienten 10 Jahre nach dem Unfall schon mehr Neurone gebildet worden waren als beim Patienten 5 Jahre nach dem Unfall, so dass beim ersteren Patienten mehr Reorganisationsmöglichkeiten zur Funktionsverbesserung bestanden. Beim Patienten 5 Jahre nach dem Unfall könnten sich dagegen mehr Neurogenese und Neuroproliferationszeiten zeigen. Eine andere Erklärung für die Unterschiede in der Verbesserung der Funktionen des ZNS bei den Patienten könnte sein, dass unterschiedliche Bahnen im Rückenmark verletzt wurden, so dass unterschiedliche Arten der Regeneration oder unterschiedliche ZNS-Teile im Rückenmark oder supraspinalen Zentren an der Reorganisation beteiligt waren.

Von den Magnetresonanzbildern der verschiedenen longitudinalen und transversalen Schichten (Schnitte) konnte beim Patienten 4 zehn Jahre nach dem Unfall angenähert gemessen werden, dass etwa 70 % des Rückenmarkquerschnittes

durch die Verletzung zerstört worden waren *(Abb. 79)*. An der Verletzungsstelle war der Rückenmarksquerschnitt stark verringert und eine Zyste zu sehen *(Abb. 79A)*. Die Querschnittsbilder des Rückenmarkes *(Abb. 79B, C)* waren unscharf. Im verletzten Rückenmarksbereich schien das Rückenmark fragmentiert zu sein *(Abb. 79C)*. Vergrösserte Rückenmarksdarstellungen mittels eines Computerprogrammes *(Abb. 79D)* brachten nur wenig mehr Information. Eine verlässliche Berechnung des Rückenmarkquerschnittes, speziell an der Verletzungsstelle *(Abb. 79E)*, war mit dem vorhandenen Computerprogramm nicht möglich, da die Rückenmarks-Fragmentquerschnitte nicht richtig markiert werden konnten mit dem Cursor und dadurch den verschiedenen Abstufungen von hell und dunkel nicht Rechnung getragen werden konnte. Das Navigieren oder Voranschreiten durch die verschiedenen Hohlräume und Schichten des Rückenmarkkanals *(Abb. 79F)* mittels Computerprogrammen brachte schöne Bilder, aber nicht mehr Information über den Zustand des Rückenmarkes an der Verletzungsstelle. Magnetresonanzgeräte mit 2 oder 4 Teslar statt 1.5 Teslar (höhere Energie) würden etwas bessere Bilder bringen, aber das Hauptproblem bei der Darstellung des Rückenmarkes an der Verletzungsstelle, nämlich das unterschiedlich starke Strömen der cerebrospinalen Flüssigkeit an den fragmentierten Rückenmarksteilen, ist nicht gelöst. MR-Darstellungen vom Gehirn sind schärfer, weil sich dort die cerebrospinale Flüssigkeit nur wenig bewegt.

Anmerkungen zu Abb. 78:: Der ambulante Patient (B) kam zur ersten Therapie mit einer Gehhilfe (Abb. 77A) und konnte nach 3-monatiger Therapie ohne Hilfe gehen und rennen (Abb. 77C). Die Verbesserung der Reorganisation des ZNS wurde quantifiziert durch die Anzahl der Sprünge pro Serie (A) beim Springen in Gegenphase auf einem Sprungbrett (die Mittelwerte der ersten drei Sprungserien beim Springen mit einminütigen Intervallen wurde aufgetragen), durch die Verringerung der schnellsten Geh- und Rennzeiten über 26 m (B) und durch den Anstieg der Handgreifkraft (C). Man beachte, dass die Anzahl der Sprünge pro Serie von 54 auf 1120 anstieg und dann begrenzt wurde auf 500/Tag bei fortschreitender Therapie, um die Gelenke zu schonen. Der unterschiedliche Anstieg in der Anzahl der Sprünge pro Serie im Vergleich zum anderen Patienten mit scheinbar ähnlicher Verletzung (Abb. 77B) legt eine unterschiedliche Rückenmarkverletzung und/oder einen unterschiedlich starken Regenerationsmechanismus nahe. Ein möglicher Unterschied bei der Reorganisation des ZNS könnte das unterschiedliche Ausmass der in 5 und 10 Jahren stattgefundenen und nicht genutzten Neurogenese gewesen sein.

Summary:

Two patients underwent coordination dynamic therapy for 3 months, 5 and 10 years after their tetraparetic spinal cord lesion, and relearned running. The therapy method included crawling, jumping on a springboard *(Fig. 77B)*, walking and running *(Fig. 76A)* on a treadmill, airwalking (3000 times/day; *Fig. 76B, C)*, special coordination dynamic training using a device for performing coordinated arm, hand, finger, leg, foot, toe and three dimensional trunk movements (2000 times/day; *Fig. 76E, G, H)*, free walking and running *(Fig. 77C)* and climbing staircases up and down *(Fig. 76D)*. All exercised movements improved during 3.5 hours training sessions per day, 5 times a week for 3 months. The patients did not need sticks and support devices any more. The first free running was achieved after 34 days. Spasticity reduced, no overstretching of the knee occurred any more, and the movement performances became better, even though the walking and running patterns were still not normal. Because the therapy started 5 and 10 years after the accident, it is concluded that the improvement is due to the therapy and that CNS functions can be improved very late after a spinal cord lesion, even though it is believed that the patient's functions have reached a steady state after 2 years. It is suggested that many years after different kinds of CNS lesions, the outcome of the patients can be improved substantially.

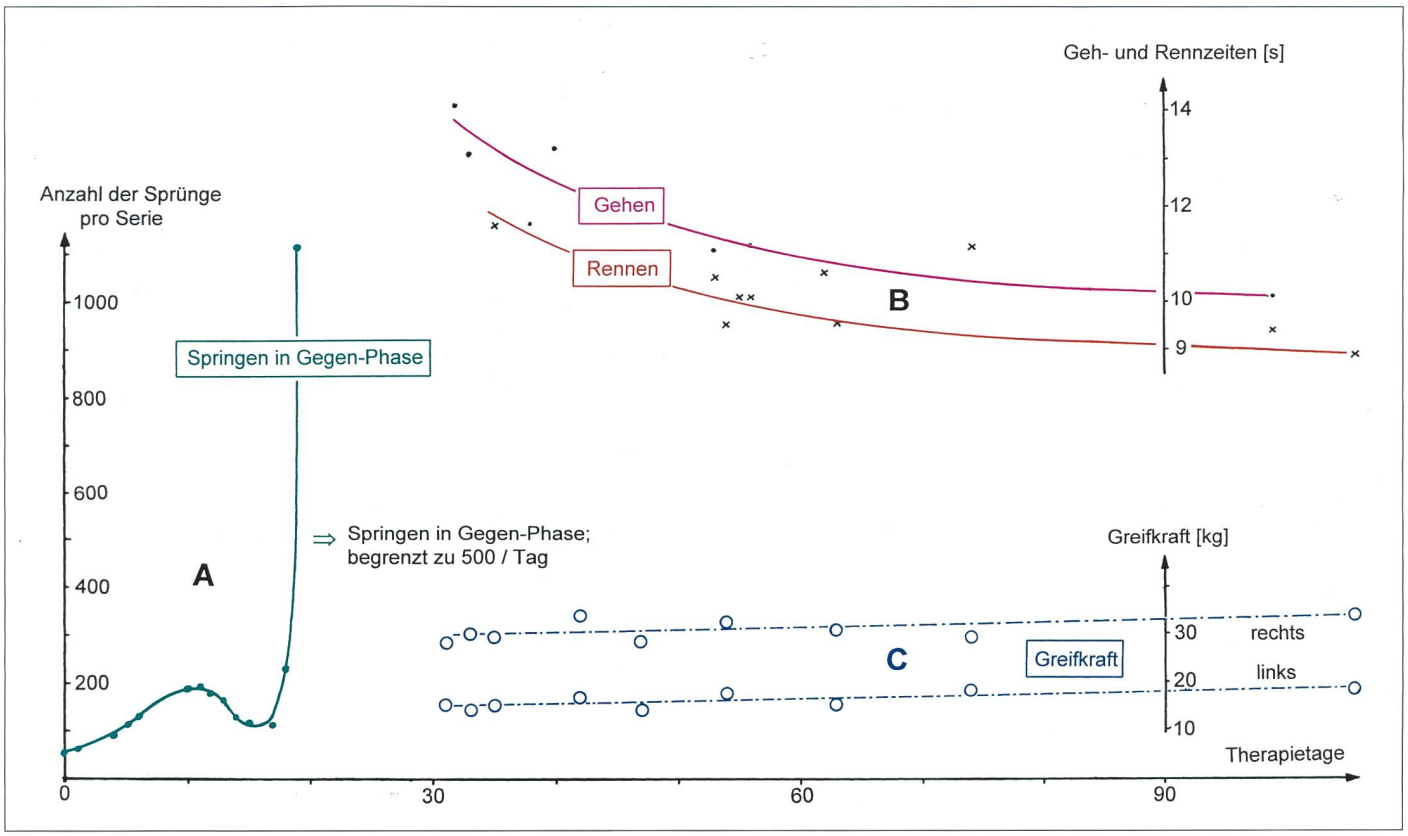

Abb. 78: **Verbesserung der motorischen Funktionen durch eine Rhythmus- und Koordinationsdynamik-Therapie für 3 Monate, 5 Tage pro Woche und 3½ Stunden pro Tag bei einem 38-jährigen Patienten (Patient 4) 10 Jahre nach einer Rückenmarkverletzung sub CVI/CVII.**

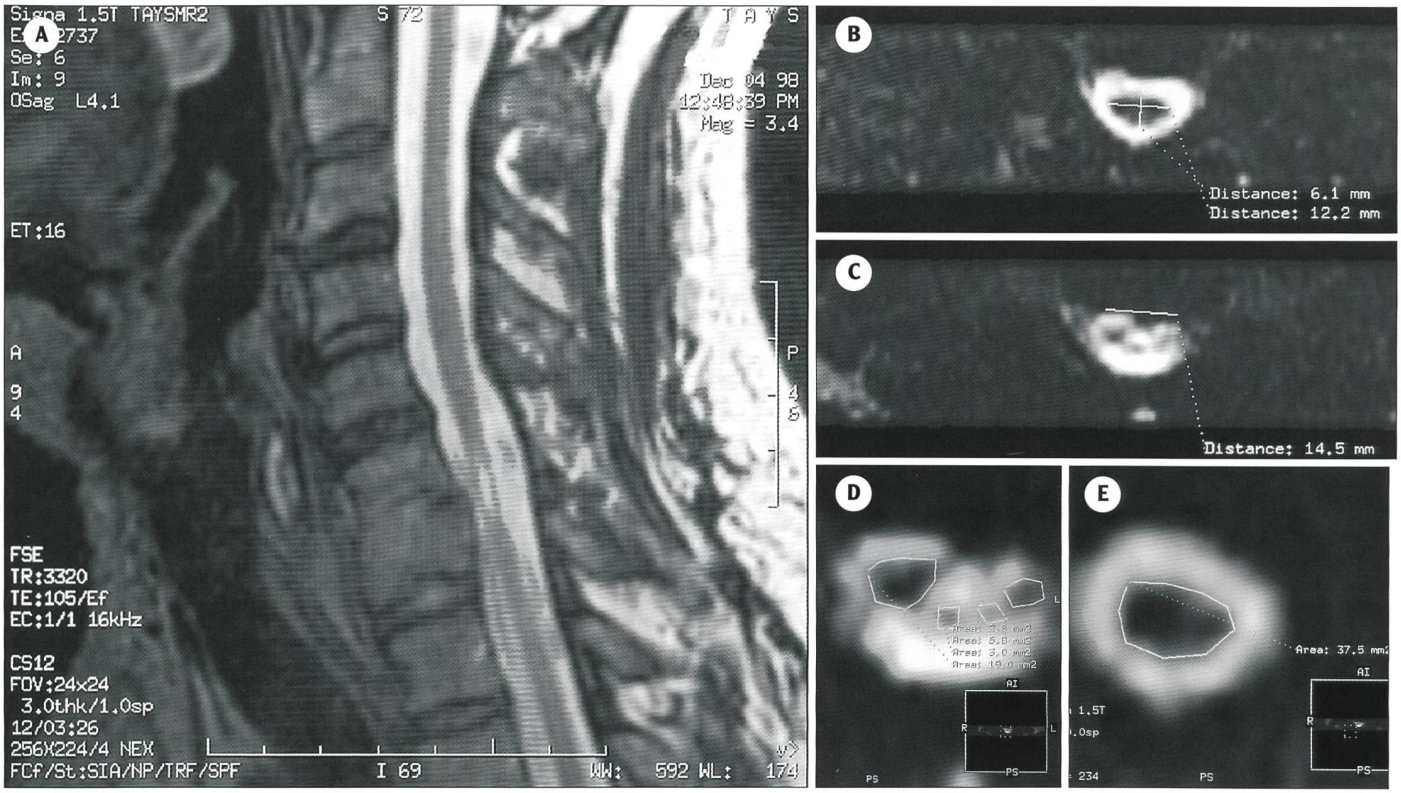

Abb. 79: **Magnetresonanz des 38-jährigen Patienten 10 Jahre nach der Rückenmarkverletzung sub CVI/CVII.**

Anmerkungen zu Abb. 79:

A: Längsansicht des verletzten Rückenmarkes. Die längliche Aufhellung ist wahrscheinlich eine Zyste.

B, C: Querschnittansichten vom wenig verletzten (B) und verletzten Rückenmarkanteil (C). Das Auflösungsvermögen speziell vom Querschnitt des verletzten Rückenmarkanteiles ist schlecht.

D, E: Vergrösserte und verbesserte Darstellung des Rückenmarkquerschnittes mittels eines Computerprogrammes; das Computerprogramm kann zwar die mit dem Cursor gezogenen Areale exakt berechnen, aber speziell die Abstufungen von hell und dunkel des verbliebenen Rückenmarkes kann durch das Programm nicht berücksichtigt werden: das Auflösungsvermögen ist zu gering.

F: Navigieren durch verschiedene Schichten des Rückenmarkkanals bringt schöne Bilder, aber keine wirkliche relevante, neue, Informationen.

Zur Beurteilung der Verletzung des ZNS (hier Rückenmarkverletzung) müssen daher Informationen aus verschiedenen Gebieten herangezogen werden. Der funktionellen Beurteilung, dass heisst der klinischen Beurteilung, kommt dabei grosse Bedeutung zu. Das Problem bei der klinischen Beurteilung der Funktionen des ZNS des Patienten ist, dass sich die verändernden Funktionen unter der Therapie von den Therapiemethoden abhängen und dass man zur Beurteilung von Funktionen des ZNS theoretisches Wissen über die Funktionsweise des menschlichen ZNS benötigt. Über die integrativen Eigenschaften des menschlichen ZNS ist noch wenig bekannt, aber sie haben direkte Konsequenz bei Neurorehabilitation. Weiterhin wird es immer wichtiger werden, dass man direkter die Verbesserung der Organisation des ZNS des Patienten messen kann. Eine der Möglichkeiten könnte sein, dass direkt die Verbesserung der Koordinationsdynamik des Patienten gemessen wird. Aber bei aller Diagnostik sollte man nicht vergessen, dass der Patient eine Therapie möchte, die seinen Gesundheitszustand entscheidend verbessert. Im Sinne des Patienten muss eine Diagnostik physiotherapeutische Konsequenzen haben. Den Neurologen hat man schon vorgeworfen, dass sie viel Diagnostik vornehmen, aber kaum Therapie [3]. Bei der schwereren Verletzung des Patienten 3 fünf Jahre nach dem Unfall waren möglicherweise nur 20% des Rückenmarkquerschnittes an der Verletzungsstelle erhalten. Magnetresonanzbilder konnten nicht angefertigt werden wegen des verbliebenen Metalls im Halsbereich. Affen konnten sich gerade noch bewegen, wenn noch 10% des Rückenmarks erhalten waren [10].

Bei der Anwendung der traditionellen Methoden der Neurorehabilitation wird angenommen, dass der Endzustand der Wiedergewinnung von Funktionen wie Lokomotion und Handgreifkraft innerhalb von zwei Jahren erreicht ist. Anhand der beiden Patienten ist gezeigt worden, dass Lokomotion und Handgreifkraft noch nach 5 und 10 Jahren sich mittels der Koordinationsdynamik-Therapie verbesserten. Es besteht daher berechtigte Hoffnung, dass auch bei «alten» Rückenmarkverletzungen noch entscheidende Funktionsverbesserungen möglich sind.

REFERENZEN

1) *SCHALOW, G. und ZÄCH, G.A.:* Oszillator-Formationstraining – Koordinationsdynamik-Training. «Physiotherapie» 1998, Sonderdrucke aus den Ausgaben 3–6 (1989), 2–47.

2) *SCHALOW, G. und ZÄCH, G.A.:* Koordinationsdynamik-Therapie, «Physiotherapie» 1999, Sonderdrucke aus den Ausgaben 5–9, 12 (1999) und 1 (2000), 49–93.

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

4) *SCHALOW, G. und ZÄCH, G.A.:* Spinal Locomotion. Gen. Physiol. Biophys. 1996, Suppl. 1: 1–220.

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

6) *PRAAG VAN, H., KEMPERMANN, G. und GAGE, H.:* Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. Nature Neuroscience 1999; 2 (3): 266–270.

7) *GOULD, E., BEYLIN, A., TANAPAT, P., REEVES, A. and SHORS, T.J.:* Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. Nature Neuroscience 1999; 2 (3): 260–265.

8) *GREENOUGH, W. T., COHEN N. J. und JURASKO, J. M.:* New neurons in old brains: learning to survive? Nature Neuroscience 1999; 2 (3): 203–205.

9) *KANEKO, K.:* Cooperative behavior in networks of chaotic elements. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks (M.A. Arbib, Ed.), MIT Press, 1995, pp. 258–261.

10) *EIDELBERG, E., STRAELEY, D., ERSPAMER, R., WATKINS, C. J:* Relationship between residual hindlimb-assisted locomotion and surviving axons after incomplete spinal cord injuries. Exp. Neurol. 1977; 56: 312–322.

11) *SCHALOW, G. und ZÄCH, G. A.:* Reorganization of the human CNS. Neurophysiologic measurements on the coordination dynamics of the lesioned human brain and spinal cord. Theoretical basis for modern neurorehabilitation (31 case reports). Gen. Physiol. Biophys. 2000; 19 (Suppl. 1).

ANZEIGE