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

Artikel: Koordinationsdynamik-Therapie als Lernprozess (Teil 2)
Autor: Schalow, Giselher / Zäch, Guido A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929421

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: 02.07.2025

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

Koordinationsdynamik-Therapie als Lernprozess

(Teil 2)

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

Die Neurorehabilitationsmethoden nach Bobath und Vojta haben ihren historischen Wert. Vojta und Bobath haben sich verdient gemacht bei der Gründung der Neurorehabilitation. Aber mit den neueren Entwicklungen der Neurowissenschaften der letzten zehn Jahre einschliesslich der Neurophysiologie des Menschen (Selbstorganisation neuronaler Netzwerke, relative Koordination von Rhythmen, Neurogenese im erwachsenen menschlichen ZNS) ist der Erkenntnisstand ein anderer geworden, so dass jetzt effizientere Methoden eingesetzt werden müssen. Zusätzlich zu effizienten Methoden der Neurorehabilitation sollten Aspekte von Bobath und Vojta berücksichtigt werden, um das ZNS in seiner Komplexität möglichst vielschichtig zu erfassen. Aber im Zentrum einer Neurorehabilitations-Therapie muss eine sehr effiziente, theoretisch begründete oder mit Statistik bewiesene Methode stehen.

Übertragbarkeit von gelernter Koordinationsdynamik von einem Bewegungsmuster auf ein anderes

Eine grundsätzliche Frage beim motorischen Lernprozess ist, inwieweit ein gelerntes Bewegungsmuster übertragbar ist auf ein anderes Bewegungsmuster. Wieviel vom Gelernten eines Bewegungsmusters wird generalisiert und kann sich auch bei anderen Bewegungsmustern auswirken, die nicht trainiert wurden? Zanone und Kelso argumentieren [7], dass dynamische Prinzipien wie der Erhalt von Symmetrie bei der Übertragbarkeit von Gelerntem wichtig sind. Das deckt sich mit den Erfahrungen, welche an Patienten gemacht wurden. Aber die Übertragbarkeit von Symmetrien reicht nicht aus bei der Übertragbarkeit von Gelerntem, um beispielsweise zu erklären, warum ein Patient aus dem Koma schneller aufwacht, wenn er eine effiziente Koordinationdynamik-Therapie bekommen hat oder warum bei einem tetraparetischen Patienten sich die Harnblasenfunktionen verbessert haben, wenn er das Rennen wiedererlernt hat, oder warum mit einem Koordinationsdynamik-Training Angstzustände verschwinden können.

Die Frage von der Übertragbarkeit des Gelernten ist mit der Frage verbunden, was das ZNS bei seiner Selbstorganisation allgemein gelernt hat; was ist gelernt worden. Dem Autor (G. S.) erscheint es, das relative Frequenz- und Phasenkoordination gerlernt worden ist, also Koordinationsdynamik. Da aber die Selbstorganisation des ZNS und damit die Koordinationsdynamik abhängt vom afferenten Input, ist die gelernte verbesserte Koordinationsdynamik nur relativ auf andere Bewegungen übertragbar. Darum sollte die Koordinationsdynamik auch möglichst integrativ und vielseitig geübt werden, also bei möglichst vielschichtigem afferenten Input. Schon beim ersten Tetraparetiker, der das Rennen wiedererlernte [2], zeigte sich, dass er nach dem Koordinationsdynamik-Training «Springen auf dem Sprungbrett» anschliessend besser Rennen konnte (mittels des Kurzeitgedächtnisses). Nach zwei- bis dreitausend Drehungen am speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät kann ein Gesunder zum Beispiel anschliessend leichter rennen. Bei einem Training von monosynaptischen Reflexbogen (Wegabkürzungen durch das ZNS) wird das ZNS nur extrem wenig für die Organisation des gesamten ZNS lernen. Je komplexer die Reflexe und Automatismen werden, die trainiert werden, desto mehr kann das ZNS in seiner Allgemeinfunktion lernen. Beim Automatismus Rennen kann das ZNS sehr viel lernen. Bei rhythmischen dynamischen repetitiven Bewegungen müssen aber auch gleichzeitig sehr genau Phasen- und Frequenzkoordination trainiert werden, was bei Patienten mit Verletzung des ZNS schwierig ist, weil die Bewegungen nicht exakt ausgeführt werden können. Beim Erlernen von genauen Phasenrelationen ist das spezielle Koordinationsdynamik-Therapiegerät bisher einzigartig. Auf Millisekunden genau können Bewegungen koordiniert werden. Beim Training von statischen Positionen (Bobath, Vojta) lernt das ZNS wenig, weil zum Beispiel die ganzen Phasenrelationen der Bewegungen nicht geübt werden. Die Koordinationsdynamik kann bei Kleinkindern genauso gelernt werden wie bei älteren Kindern und Erwachsenen. Das Kleinkind der *Abb. 48A* konnte nach der Koordinationsdynamik-Therapie besser Schreiten als vor der Therapie. Während der ersten Hälfte des Trainings schrie es auch nicht *(Abb. 48A)*. Erst als bei der Therapie an die Leistungsgrenze gegangen wurde, passte es dem jungen Patienten nicht mehr. Bei der Vojta-Therapie schreien die Säuglinge teilweise schon vor der Therapie. Das übermässige Schreien könnte bei Säuglingen darüberhinaus Stress erzeugen, was der Therapie wahrscheinlich abträglich wäre (siehe Teil 1, «Physiotherapie» 8/99 unter Neurogenese bei Tieren). Kindern mit nicht so

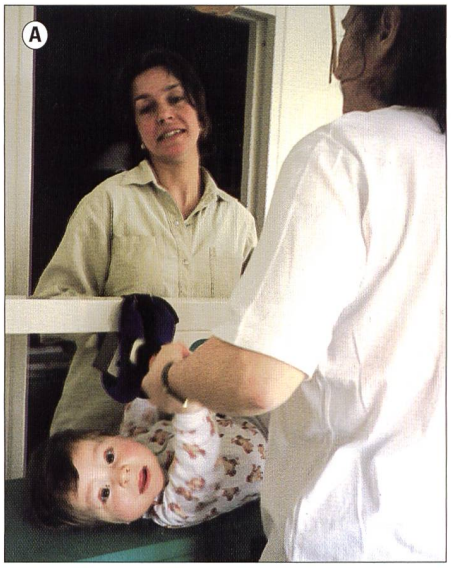

Abb. 48: **A. 14 Monate altes Kind mit Mutter und Physiotherapeutin beim Trainieren auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät. Zu diesem Zeitpunkt heult das Kind nicht.**

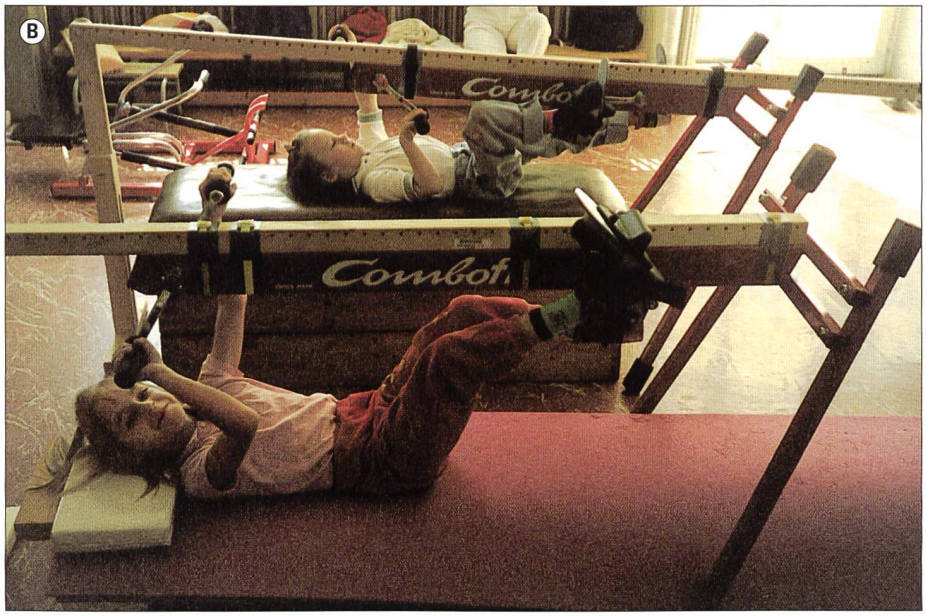

Abb. 48: **B. Kindern mit leichteren ZNS-Schäden macht das Trainieren teilweise sogar Spass; da wird der Therapeut dann auch schon mal angelächelt (vordere Patientin).**

schweren Verletzungen des ZNS bereitet das Trainieren auf dem Koordinationsdynamik-Therapiegerät sogar Spass *(Abb. 48B)*. Im Zentrum einer Neurorehabilitationstherapie muss eine effiziente Therapie stehen wie beispielsweise die Koordinationstherapie, welche gestützt wird durch andere Bewegungen, Massnahmen und Zuwendungen. Krabbeln, Kriechen, Wenden und Aufrichten sollte bei Kindern auch trainiert werden, was sich zum Teil schon praktischerweise ergibt. Aber bei einer schweren ZNS-Schädigung reicht das Training von Krabbeln, Kriechen, Wenden und Aufrichten und davon abgeleitete Teilbewegungen nicht aus, um das schwer geschädigte ZNS in seiner Funktion wesentlich zu verbessern, so dass die Therapie mehr pflegt als heilt. Darüberhinaus ist das Krabbeln, Kriechen, Wenden und Aufrichten schwer auszuführen, wenn der Patient zum Beispiel im Koma liegt und damit nicht kooperativ ist. Die Therapie am speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät ist in liegender und sitzender Stellung fast immer möglich.

Falldarstellungen

An zwei Falldarstellungen sollen das Erlernen und das Wiedererlernen von Bewegungen dargestellt werden.

Schwere ZNS-Schädigung während der Geburt (Zangengeburt)

Die jetzt 18jährige Patientin hatte zeit ihres Lebens eine konservative Neuro-Rehabilitation erhalten und das Gehen und Rennen nicht erlernt. Beim Stehen konnte sie nicht das Gleichgewicht halten. Nach einem halben Jahr intensiver Koordinationsdynamik-Therapie *(siehe Abb. 30L, M, N;* [16]) hatte sie gelernt, alleine zu gehen *(Abb. 49C,* obwohl die Ausführung noch schlecht war), auf dem Laufband zu gehen und zu rennen *(Abb. 49A, B)* und mit ganz wenig Unterstützung alleine zu stehen. Damit war es möglich, dass sie zu Hause kleinere Wege alleine gehen konnte und dass sie grössere Wege in Begleitung gehen konnte. Damit musste sie nicht immer von zu Hause zur Physiotherpiepraxis mit dem Auto oder dem Taxi gefahren werden, sondern konnte auch mit der Mutter. Damit erschloss sich für sie eine neue Erfahrungswelt. Sie konnte jetzt zum ersten Mal in ihrem Leben die nahegelegene Akropolis (Athen) besichtigen *(Abb. 49D–G)* und stellte später fest, dass die Theater (Odeon von Herodes Atticus und Theater des Dionysus) in Wirklichkeit anders aussahen als im Schulbuch (es war restauriert worden). Aber sie dazu zu überreden, auf die Akropolis zu steigen, war ein wahrer Krieg, der ohne die Mutter nicht zu gewinnen gewesen wäre. Sie hatte vor und während der Besichtigung Angst *(Abb. 49E, F),* und sie konnte sich nicht vorstellen, die vielen Stufen zur Akropolis hochsteigen zu können. Interessant ist, dass die Patientin in gewohnter Umgebung alleine gehen konnte *(Abb. 49C),* aber in ungewohnter Umgebung nicht *(Abb. 49F).* Das in der vertrauten Umgebung Gelernte muss also auf die ungewohnte Umgebung übertragen wer-

Abb. 49A, B, C: **18jährige Patientin mit schwerem Hirnschaden von Geburt an (Zangengeburt) beim Gehen und Rennen auf dem Laufband (A, B; Autor teilweise hinter der Patientin aus Sicherheitsgründen) und beim wiedererlernten freien Gehen (C). Das Gehen in C findet meist noch in der Passgang- statt in der Kreuzgangstellung statt.**

Abb. 49D, E, F, G: **18jährige Patientin mit schwerem Hirnschaden von Geburt an beim Gehen mit der Mutter auf der Akropolis von Athen (D). Die Bewegungsausführung beim Gehen mit gehaltener Hand ist schlechter (D) als beim freien Gehen (C), wie an der starken Auswärtsrotation des linken Fusses in D zu erkennen ist.**

Anmerkung zu Abb. 49 E: Patientin (mit Mutter) beim Ausruhen und Schmollen (auch aus Angst vor dem Abstieg), trotz des schönen Ausblicks auf Athen. Obwohl die Patientin schon alleine in gewohnter Umgebung gehen kann (C), bekommt sie Angstzustände, wenn sie in einer ungewohnten neuen Umgebung alleine gehen soll (F). Wenn sich die Patientin aber wieder festhalten kann (an einem Drahtseil, G), dann ist die Angst vorüber und die «Welt wieder in Ordnung».

den, damit das Gelernte im Alltag genutzt werden kann. So verständlich es ist, dass die Patientin Angst hatte, weil sie die Erfahrung nicht hatte, dass sie die neue Situation bewältigen kann, so muss sie doch lernen, die Angst zu überwinden. Gesunde Kinder haben es da einfacher; sie haben keine Angst. Auch können sie, wenn sie stürzen, nicht tief fallen, und die Knochen sind sowieso sehr elastisch.

Aber als die Patientin die Leistung «Besichtigung der Akropolis» dann vollbracht hatte, erzählte sie später allen Freunden und Bekannten, dass sie die vielen Stufen hinauf zur Akropolis geschafft hatte (und wahrscheinlich das Schamgefühl, noch nicht richtig gehen zu können, unterdrückt hatte).

Oft zeigt sich, dass die Eltern (meist die Mütter) realistischer sind als die Therapeuten. Sie wissen, dass sie wahrscheinlich ein Leben lang für das Kind mit ZNS-Schaden sorgen müssen und sind für jedes bisschen Fortschritt dankbar, weil es Ihnen das Leben erleichert.

Ein generelles Problem ist, dass die Patienten mit 18 Jahren etwa aufhören, trainieren zu wollen. Sie wollen jetzt auch leben und nicht den ganzen Tag trainieren müssen. Eine effiziente Therapie wäre auch von diesem Gesichtspunkt her wichtig. Ob man für einen wesentlichen Therapiefortschritt 20 Jahre oder nur 2 Jahre benötigt, ist auch von den Therapiekosten her wesentlich.

Poliomyelitis

Eine jetzt 37jährige Patientin erlitt mit einem Jahr eine schwere Poliomyelitis mit der Folge, dass unterhalb Th10 alle motorischen Funktionen verloren wurden. Auch die Arme waren betroffen, speziell der rechte Arm. Die 36 Jahre dauernde konservative Therapie brachte bei der Patientin keine wesentlichen Fortschritte. Nach drei Monaten intensiver Koordinationsdynamik-Therapie, hauptsächlich auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät, konnte die Patientin bei Wegnahme der Schwerkraft ein ganz wenig in bestimmter Stellung die Beine bewegen *(Abb. 50A)*. Nach 7 $^1/_2$ Monaten intensiver Therapie (jetzt täglich etwa 6 bis 7 Stunden und etwa 13 000 Umdrehungen pro Tag, 5 Tage pro Woche) kann sie jetzt mit starker Unterstützung ein paar Sekunden stehen *(Abb. 50B)* und mit Stützung

Abb. 50: **37jährige Patientin mit schwerer Poliomyelitis-Erkrankung vor 36 Jahren nach 3 (A), 6,5 (B) und 7,5 Monaten (C) Koordinationsdynamik-Therapie.**

Anmerkung zu Abb. 50: In A kann die Patientin ein wenig das rechte Bein schwingen (zu diesem Zeitpunkt wurde die EMG-Ableitung in Abb. 51 A erstellt). In B kann sie schon einige Sekunden gestützt Stehen. In C kann die Patientin bereits zwei Schritte, gestützt durch die Liege, rückwärts Gehen (zu diesem Zeitpunkt wurden die EMG-Ableitungen der Abbildungen 51 B, C, D und 52 vorgenommen). D. Autor beim Ableiten eines EMGs von der Patientin.

zwei Schritte rückwärts gehen *(Abb. 50 C)*. Nach heutiger Lehrmeinung ist dieser Fortschritt unmöglich. Bei der Poliomyelitis sollten ja die Motoneuron-Zellkörper im Rückenmark untergegangen sein, so dass auch eine Reorganisation des ZNS keinen Bewegungserfolg bringen kann, da ja die Funktionen nicht mittels der Motoneurone aus dem Rückenmark herausgebracht werden können. Aber wenn die Patientin etwas Beinfunktionen wiederbekommen hat, dann müssen doch einige Motoneurone vorhanden sein, die die Aktivität zu den Muskeln bringt. Die nach drei Monaten intensiver Therapie wiedererlangten geringfügigen Bewegungen könnte man damit erklären, dass eben doch nicht alle Motoneurone untergegangen waren und dass die intensive Koordinationsdynamik-Therapie es geschafft hat, das Rückenmark so zu reorganisieren, dass die verbliebenen Motoneurone nach 36 Jahren jetzt in das funktionsfähige Netzwerk integriert wurden, so dass sie aktiviert werden konnten und zu den leichten Beinbewegungen führten. Aber die weiteren Fortschritte nach 7 $^1/_2$ Monaten Therapie sind nur noch schwer mit übriggebliebenen Motoneuronen zu erklären. Die einfachste Erklärung wäre, eine Neurogenese findet auch im Rückenmark statt und nicht nur wie berichtet im Hippokampus [12]. Die durchgeführte Elektromyographie gibt weitere Hinweise darauf, dass doch auch eine Neurogenese im menschlichen Rückenmark beteiligt sein kann bei der Wiedererlangung von Beinfunktionen.

Die durchgeführte Elektromyographie in Abb. 50 D ergab, dass nach 3 Monaten Therapie einige α_3-Motoneurone aktiviert werden konnten beim Training auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät *(Abb. 39 C* [18], *Abb. 51 A)*. Darüber war schon in der «Physiotherapie» berichtet worden [18]. Jetzt, nach 7 $^1/_2$ Monaten Therapie, hat sich die elektromyographische Aktivität in den Muskeln weiter verstärkt. Die Amplituden und die Dauer der Aktionspotentiale der motorischen Einheiten deuten zusätzlich auf eine Aktivierung von FF-Muskelfasern hin, die von α_1-Motoneuronen aktiviert werden. Von Froschexperimenten her ist bekannt, dass die dicken, schnelleitenden Axone am schnellsten regenerieren [13, 14]. Das zusätzliche Auftreten von Aktionspotentialen vom Typ FF (fast-fatigue), mit fortschreitender Therapie, deutet darauf hin *(Abb. 52 A)*, dass eventuell ein Regenerationsprozess abläuft. Das relativ plötzliche zusätzliche Auftreten von Aktionspotentialen des Muskelfasertyps FF (ATPase – Typ II B) als Erklärung für einen ablaufenden Reinnervationsprozess wird durch die Beobachtung gestützt, dass erst die proximalen (Oberschenkel) und dann die mehr distalen Muskeln (Unterschenkel) die Funktion wieder aufnehmen. Bei einem Auswachsen von Motoneuronen-Axonen aus dem Rükkenmark werden bezüglich eines bestimmten Motoneuronentyps zuerst die proximalen und dann die distalen Muskeln reinnerviert, weil die proximalen Muskeln näher am Rückenmark liegen. Die Aktionspotentiale mit langer Aktionspotentialdauer deuten ferner auf das Entstehen von neuen motorischen Einheiten hin *(Abb. 52 B)*. Die Unregelmässigkeit des Auftretens der Aktionspotentiale *(Abb. 51)* in den vormals plegischen Beinmuskeln deutet weiter darauf hin, dass sich neue Synapsen im Rückenmark bilden, welche bei der Entstehung erst unregelmässig feuern. Die Elektromyographie deutet auf eine Reorganisation des ZNS hin und einer Reinnervation der Beinmuskeln. Wenn diese Patientin mit der schweren Poliomyelitis-Schädigung mittels der Koordinationsdynamik-Therapie dazu gebracht werden kann, alleine einige Schritte auszuführen zu können, dann wäre die klinische Konsequenz ungeheuerlich: Auch nach 36 Jahren können Poliomyelitis-Patienten noch massive Fortschritte erzielen; es gibt Neurogenese im menschlichen Rückenmark, wenn sie durch eine effiziente Therapie aktiviert oder genutzt wird, und eine wesentliche Reorganisation des ZNS ist auch nach Poliomyelitis möglich. Die Therapie wird fortgesetzt.

Elektromyographie nach 3 (A) und 7,5 Monaten (B, C, D)

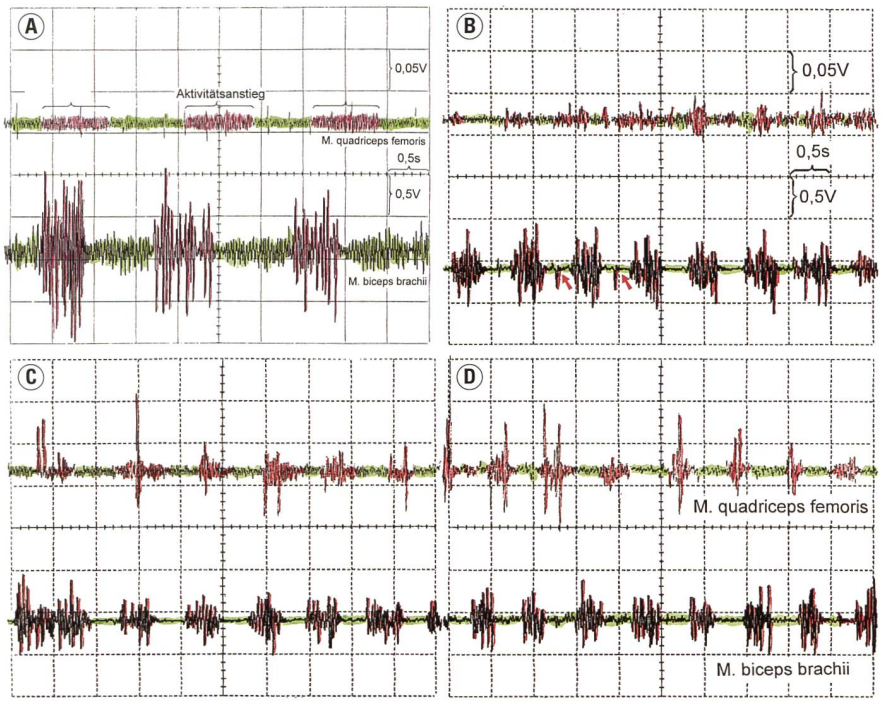

Abb. 51: **Elektromyographie (EMG) von einem reaktivierten Muskel (Quadriceps femoris rechts) nach Poliomyelitis im Vergleich zu einem nur wenig von Poliomyelitis betroffenen Muskel (Biceps brachii rechts) nach 3 (A) und 7,5 Monaten (B,C,D) Koordinationsdynamik-Therapie während rhythmischer Aktivierung.**

Elektromyographie nach 7,5 Monaten Therapie

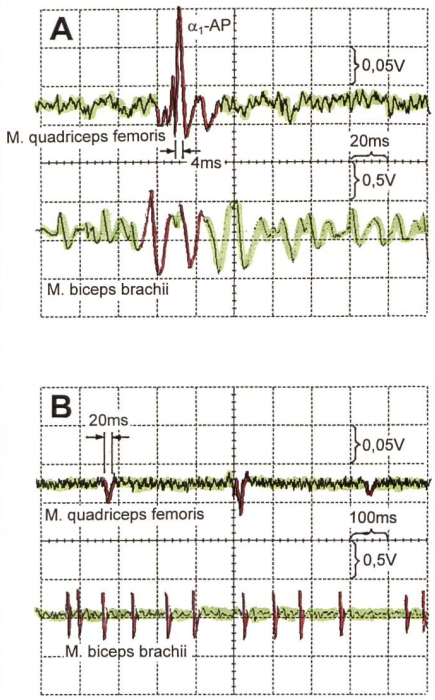

Abb. 52: **EMG von einem reaktivierten Muskel nach einer schweren Poliomyelitis vor 36 Jahren (M. quadriceps femoris) während nicht rhythmischer Aktivierung.**

Anmerkung zu Abb. 51: In A ist gerade etwas EMG-Aktivität zu erkennen, wahrscheinlich von Muskelfasern (wahrscheinlich Typ S, vergleiche Abb. 7 von [15]), die durch von der Krankheit nicht zerstörten übriggebliebenen α_3-Motoneuronen im Vorderhorn des Rückenmarkes aktiviert wurden. In B,C,D ist eindeutig rhythmische Aktivität auch im Musculus quadriceps femoris, beim schnellen Drehen auf dem speziellen Koordinationsdynamik-Therapiegerät zu erkennen. Die mehr dynamisch aktivierten (schnelles Drehen) α_1-Motoneurone (identifiziert durch die grössere EMG-Aplitude und kurze Aktionspotentialdauer, siehe Abb. 52A) aktivieren die Muskelfasern noch unregelmässig, wie aus den unregelmässigen rhythmischen EMG-Aktivierungen des Musculus quadriceps femoris zu erkennen ist in B,C,D. Aber auch im Musculus biceps brachii ist dass rhythmische Feuern noch nicht physiologisch; in B sind zwei unregelmässig auftretende APs mit kleinen Pfeilen markiert.

Anmerkung zu Abb. 52: In der Ableitung in A (oberer Strahl) ist ein Muskelaktionspotential, markiert mit α_1-AP, zu sehen, welches eine vergleichsweise grosse Amplitude hat, eine kurze Aktionspotentialdauer (4ms) und wahrscheinlich das Potential einer FF-Einheit (ATPase-Typ IIB) darstellt, und welches von einem α_1-Motoneuron aktiviert wird. Es gibt also elektromyographische Anzeichen für eine Reinnervation des Musculus quadriceps femoris durch die schnell wachsenden und damit zuerst regenerierenden und reinnervierenden α_1-Motoneurone. In B geben die langen Muskel-Aktionspotentiale (20ms) Hinweis darauf, dass motorische Einheiten im Aufbau begriffen sind, weil die einzelnen motorischen Endplatten (der vielen Muskelfasern einer motorischen Einheit) noch unregelmässig feuern und damit Anlass zu Muskelfaseraktionpotentialen geben, die eine lange Dauer haben. Man beachte, dass die Muskelaktionspotentiale vom M. quadriceps femoris (oberer Strahl) eine viel kleinere Amplitude haben als die vom M. biceps brachii, da die Vorverstärkung 10 mal grösser ist (0,05V statt 0,5 V) als beim Biceps brachii.

REFERENZEN

1) *VOJTA V.:* Die zerebralen Bewegungsstörungen im Säuglingsalter. Frühdiagnose und Frühtherapie. Enke, Stuttgart 1981.

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

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

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

5) *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.

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

7) *ZANONE P.G. and KELSO J.A.S.:* Evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transitions. J. Exp. Psychol.: Human Perception and Performance 1992; 18: 403–421.

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

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

10) *ENGEL A.K., KÖNIG P., KREITER A.K., SCHILLER T.B. and SINGER W.:* Temporal coding in the visual cortex; New vistas on integration in the nervous system. Trends in Neurosciences 1992; 15: 218–226.

11) *SCHALOW G:* Oscillatory firing of single human sphincteric α_2 and α_3-motoneurons reflexly activated for the continence of urinary bladder and rectum. Restoration of bladder function in paraplegia. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1991; 31: 323–355.

12) *ERIKSSON P.S., PERFILIEVA E., BJÖRK-ERIKSSON T., ALBORN A.M., NORDBORG C., PETERSON D.A. and GAGE F.H.:* Neurogenesis in the adult human hippocampus. Nature Medicine 1998; 4: 1313–1317.

13) *SCHALOW G.:* Elektrophysiologische und morphologische Untersuchungen zur Differenzierung der Tonusfasern des Frosches. Inauguraldissertation. Universität des Saarlandes (1983).

14) *MILEDI R., PARKER I., SCHALOW G.:* Calcium transients in normal and denervated slow muscle fibres of the frog. J. Physiol. 1981; 318: 191–206.

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

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

17) *SCHALOW G. und ZÄCH G.A.:* Koordinationsdynamik-Therapie, Teil III. Physiotherapie 1999; 5: 8–14.

18) *SCHALOW G. und ZÄCH G.A.:* Koordinationsdynamik-Therapie, Teil IV. Physiotherapie 1999; 6: 5–14.

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