

# Rehabilitation bei Transverser Myelitis

Cristina L. Sadowsky, MD; Daniel Becker, MD;  
Glendaliz Bosques, MD, FAAPMR; Janet M. Dean, MS, RN, CPNP, CRRN;  
John W. McDonald III, MD, PhD; Albert Recio, MD, RPT, PTRP;  
Elliot M. Frohman, MD, PhD, FAAN

*(deutsche Zusammenfassung)\**

## EINLEITUNG

Die medizinische Rehabilitation bezeichnet das Bestreben, einen Menschen wieder in seinen vormals existierenden körperlichen Zustand zu versetzen und seine Funktionsfähigkeit zu verbessern oder wiederzuerlangen, nachdem ein Ereignis, eine Krankheit oder ein Unfall funktionelle Einschränkungen verursacht hat. Die Definition von Rehabilitation ist stark an den Begriff der Funktion angelehnt. Allerdings wird „Funktion“ in verschiedenen Zusammenhängen unterschiedlich verwendet.

In Anlehnung an die Einteilung der Weltgesundheitsorganisation WHO<sup>1</sup> unterscheidet man einen körperlich-psychischen, einen aktivitätsbezogenen und einen sozialen Zusammenhang.

Eine Schädigung (engl., *impairment*) ist der Verlust oder die wesentliche Einschränkung einer Körperfunktion oder -struktur. Sie kann zu einer Störung der Fähigkeit (engl., *disability*) führen, bestimmte Aktivitäten (engl., *activity*) auszuführen. Die dadurch entstehende Benachteiligung (engl., *handicap*) kann die Teilhabe (engl., *participation*) am sozialen Leben einschränken.

Bei einem derart weit gefassten Anwendungsgebiet sollte bei der Rehabilitation einer neurologischen Schädigung und ihrer Folgen die Wiederherstellung der geschädigten körperlichen Funktionen und das Wiedererlangen der Fähigkeiten, die täglichen Aufgaben und Aktivitäten zu bewältigen, im Mittelpunkt stehen. Während das Wiedererlangen der Fähigkeiten, die nötig sind, um bestimmte Aktivitäten auszuführen, seit langem vom aktuellen medizinischen Modell anerkannt ist, ist die Vorstellung einer Rehabilitation im Sinne der Umkehrung oder „Reparatur“ der zugrundeliegenden Schädigung noch nicht allgemein verbreitet. Das hat eine Reihe von Gründen: eine derartige Reparatur wird meist dadurch erschwert, dass die geschädigten Bereiche nicht bekannt oder mit den verfügbaren medizinischen Instrumenten nur schwer erkennbar sind; auch entspricht eine anatomische Reparatur nicht notwendigerweise einer physiologischen Wiederherstellung. Obwohl alle diese Faktoren auch bei der transversen Myelitis eine Rolle spielen, lohnt es sich, die Rehabilitationsanstrengungen auch auf den letztgenannten Bereich der „Umkehrung/Reparatur“ der zugrunde liegenden Schädigung auszudehnen.

Von transverser Myelitis spricht man, wenn im Rückenmark ein entzündlicher Prozess mit einem einzelnen Entzündungsherd vorliegt. Aus langfristigen Nachbeobachtungen gewonnene Daten über TM-Patienten zeigen, dass sich rund ein Drittel der Patienten mit geringen oder keinen Folgeerscheinungen erholt, ein weiteres Drittel ein moderates Maß an dauerhaften Einschränkungen (z.B. leichte Spastizität bei unabhängiger Gehfähigkeit, Harndrang und/oder Verstopfung, Empfindungsstörungen) davonträgt, während beim letzten Drittel schwere Einschränkungen verbleiben (z.B. Gehunfähigkeit oder schwere Gehstörungen, Verlust der Schließmuskelkontrolle, Empfindungsdefizite).<sup>2,3</sup> Zum Zeitpunkt des Ausbruchs der Krankheit ist es sehr schwer vorherzusagen, in welche Kategorie der Patient fallen wird. Dies bedeutet auch, dass rund zwei Drittel aller TM-Patienten eine langfristige Rehabilitation brauchen.

## **TRADITIONELLE REHABILITATION BEI TRANSVERSER MYELITIS**

Die „traditionelle“ TM-Rehabilitation konzentriert sich auf die Wiederherstellung der Fähigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen, um eine maximale Unabhängigkeit des Patienten und damit seine maximale gesellschaftliche Teilhabe

zu ermöglichen. In der Regel wird ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt. Neben Ärzten, Physiotherapeuten, Pflegern, Fallmanagern und Familienangehörigen können zum Rehabilitationsteam, in Abhängigkeit vom jeweiligen Bedarf, zusätzlich ein Sprach- oder Atemtherapeut, Psychologe, häuslicher Krankenpfleger oder Orthopädietechniker gehören. Die Leitung des Teams ist ebenfalls je nach Ziel oder Aufgabe verschieden.

Zu den typischen Aufgaben der „traditionellen“ Rehabilitation von TM-Patienten durch Physiotherapeuten gehören Kräftigungsübungen, Beweglichkeitsübungen der Gelenke, Übungen zur Verbesserung des Muskeltonus, zur Schmerzlinderung und zum Erreichen einer besseren Mobilität.

Ein wichtiger Bestandteil der Therapie ist die laufende Auswertung der verwendeten Geräte und Hilfsmittel. Zur Integration der Behandlung in der Therapieeinrichtung wird ein umfassendes Programm für zu Hause ausgearbeitet. Bei der Entlassung aus dem Krankenhaus werden Patient und Pfleger über das dieses Programm und die betreffenden Erwartungen unterrichtet.

Die ausreichende Beweglichkeit der Gelenke ist ein vorrangiges Ziel und wird durch Dehn- und Kräftigungsübungen, sowie durch die Anwendung angemessener Orthesen angestrebt. Die bei einer TM häufigsten Bewegungseinschränkungen durch Kontraktion betreffen Schulteraußenrotation, -hebung, -senkung und -rückzug, Ellenbogenstreckung und -auswärtsdrehung, Hüftstreckung, die Dorsalbeugung des Knöchels und die Beugung der großen Zehen. Eine gewisse Spannung an bestimmten Stellen kann unter Umständen vorteilhaft sein. So kann eine Spannung der Fingerbeuger eine gute Handgelenksstreckung bei Patienten mit C6-Tetraplegie ermöglichen, oder eine Spannung der Rückenextensoren kann das aufrechten Sitzens bei Trizepslähmung unterstützen. Tägliche Dehnungsübungen mit gehaltener Endposition werden als Behandlungsmethode erster Wahl für Bewegungseinschränkungen durch Spastizität angesehen. Dabei kann ein beschränktes Maß an Überdehnung in spezifischen Bereichen hilfreich sein, etwa die Außenrotation der Hüfte zum Anziehen von Strümpfen und Schuhen. Allzu energische Beweglichkeitsübungen sollten vermieden werden.

Zur Kräftigung werden progressive Übungen für alle verbliebenen oder intakten Muskeln eingesetzt. Ein Kräftigungsprogramm kann statisches oder dynamisches Training anhand von isometrischen, isotonischen und isokinetischen Techniken

beinhalten, in Abhängigkeit von den gesteckten Zielen und dem Grad der neurologischen Schädigung.

Bei Übungen auf der Therapiematte hat sich eine Progression von leichteren zu schwereren Übungen in vielen Fällen als sinnvoll erwiesen: Beweglichkeit und Drehen im Bett, Liegen auf dem Bauch, Sitzübungen und Sich-Aufsetzen aus dem Liegen. Bei Tetraplegie-Patienten wird geübt, wie Arme, Kopf und Nacken genutzt werden können, um sich im Bett zu drehen.

Unabhängiges Anziehen und Transfers setzen die Fähigkeit voraus, sich aus der liegenden Position aufsetzen zu können. Für jeden Patienten mit einer Paralyse sollte die geeignetste Transfermethode sorgfältig ausgewählt werden. Ziel jedes unterstützten Transfers ist die graduelle Reduzierung der Hilfestellung bis der Patient den Übergang eigenständig vornehmen kann.

Gehfähigkeit ist das Ziel, das TM-Patienten am häufigsten zum Ausdruck bringen. Patienten mit einer Schädigung auf Ebene von Th2 oder darüber können die Gehfähigkeit normalerweise nicht zurückgewinnen, während Patienten, bei denen Th3 bis Th11 betroffen ist, zum Stehen und Gehen Orthesen verwenden können. Bei Patienten, bei denen Th12 bis L2 geschädigt ist, ist die Gehfähigkeit im Haus das Ziel, während für Patienten mit einer Schädigung bei L3 und darunter mit großer Wahrscheinlichkeit auch das Gehen außer Haus (mehr als 50 Meter Entfernung auf einmal) möglich ist. Dabei sollte bedacht werden, dass auch Patienten mit Schädigungen von Th12 bis L2 die Gehfähigkeit außer Haus wiedererlangen können, wenn sie jung und hoch motiviert sind.

In der Vorbereitungsphase auf das Gehtraining ist es besonders wichtig, die Stamm- und Bauchmuskeln, die Schulterdepressoren, die Schulterblattstabilisatoren, den Trizeps und die Handgelenksstrecker zu stärken. Beim Gehtraining selbst ist die Kontrolle des Beckens ein kritischer Faktor. Zum Gehtraining gehören Steh- und Gangübungen in- und außerhalb paralleler Gehbarren, unter progressivem Verzicht auf Hilfsmittel (Rollator, Unterarm- oder Achselgehstützen, Gehstöcke) auf zunehmend schwierigerem Untergrund (Hindernisse, Unebenheiten, Rampen) und erschwert durch zusätzliche Aufgaben (durch Türen, Einsteigen ins Auto). Das Verschreiben eines Rollstuhls, der ideal zum Patienten passt, ist schließlich von wesentlicher Bedeutung.

# **AKTIVITÄTSBASIERTE RESTAURATIVE THERAPIEN BEI TRANSVERSER MYELITIS**

Der aktivitätsbasierte restaurative (=stärkende) Therapieansatz zielt darauf ab, die ursprüngliche Schädigung zumindest teilweise zu „reparieren“. Er geht davon aus, dass die wiederholte Aktivierung des neuromuskulären Systems ober- und unterhalb der Schädigungsebene Veränderungen im Nerven- und Muskelsystem erzielen kann. Die Werkzeuge der aktivitätsbasierten restaurativen Therapie sind die gleichen, die auch in der traditionellen Rehabilitation verwendet werden, aber die Prämisse ihrer Anwendung ist eine andere: die Wirkung der Aktivität auf die neuronale Plastizität, der Eigenschaft des Nervensystems also, sich in Abhängigkeit von seiner Aktivierung zu verändern. Das Nervensystem ist bei allen Prozessen von Aktivität abhängig, das betrifft Myelinisierung und Remyelinisierung ebenso wie die Geburt von Neuzellen oder die Synapsenbildung und damit letztlich die Funktion. Die motorische Aktivierung und Empfindungsstimulierung werden daher mit dem Endziel der Nervenrestoration und nicht nur der Funktionsrestoration unternommen.

## **Motorische Aktivierung**

Die nach spezifischen Mustern ablaufende („patterned“) motorische Aktivierung kann durch aufgabenspezifische oder nicht-spezifische Übungen erfolgen.

Aufgabenspezifisches Training gehört seit den Anfängen der Rehabilitation zum Standardprogramm. Das beste Beispiel eines nach spezifischen Mustern ablaufenden, aufgabenspezifischen Trainings ist das Gehtraining. Ausgeübt werden kann es in einer teilweise gewichtsgestützten Umgebung, etwa mit Hilfe von Laufbändern, automatischen Gehrobotern oder im Wasser, oder aber in traditioneller Weise außer Wasser. Bei Nervenschädigungen sind zwei Prinzipien des Gehtrainings erwähnenswert. Erstens ist die Maximierung der Belastung der unteren Glieder von wesentlicher Bedeutung, da eine Steigerung der Belastung mit einer Steigerung der elektromyographischen Aktivität in den Gliedern einhergeht, während die Aufteilung der Last zwischen Armen und Beinen die EMG-Aktivität in den unteren Extremitäten verringert.<sup>5</sup> Zweitens spielen die Optimierung von Auslöserempfindungen ("sensory cues"), das Sicherstellen einer normalen Gehgeschwindigkeit und die Optimierung des Bewegungsablaufs

(Haltung/Schwung, regelmäßiger Armschwung) eine grundlegende Rolle, um den bestmöglichen Erfolg mit möglichst geringem Aufwand zu erreichen.

Das nach festgelegten Mustern ablaufende, nicht-spezifische Training gründet sich auf das Prinzip der neuronalen Aktivierung eines zentralen Mustergenerators (ZMG, engl. "central pattern generator - CPG"). Die „Schaltkreise“ dieses ZMG befinden sich im Lendenwirbelsäulenbereich des Rückenmarks (L2 – L5).<sup>6</sup> Durch begrenzte Reize kann der ZMG dazu aktiviert werden, Muster auszulösen, die mehrere Glieder betreffen.<sup>6, 7</sup> Die Funktionelle Elektrostimulation (FES) ist die einfachste Methode, ein nach festgelegten Mustern ablaufendes, nicht-spezifisches Training zu erzielen.

Es wird davon ausgegangen, dass die FES eine Reparatur des peripheren und zentralen Nervensystems nach einer Schädigung fördern kann. Studien an Nagetieren haben gezeigt, dass durch eine FES an den unteren Gliedmaßen eine 82% bis 86% höhere Zellgeburtsrate im lumbalen Rückenmark im Anschluss an einen kompletten Querschnitt des Rückenmarks erreicht werden kann. Die FES verdoppelte in diesem Modell den Anteil der Neuzellen, die Marker ausbildeten, die auf tripotente Vorfahren hinwiesen. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die kontrollierte elektrische Aktivierung des ZNS die spontane Regeneration nach neurologischen Schädigungen verbessern kann.<sup>8</sup> In einer anderen Studie an Nagetieren verbesserte die elektrische Stimulation der kortikalen Pyramiden die Synapsenbildung im Rückenmark während und nach der Schädigung des Kortikospinaltrakts.<sup>9</sup>

Die Studien weisen eindeutig nach, dass die Aktivierung des ZNS eine wichtige Einflussvariable für die Zellmechanismen ist, die mit einer Regeneration in Verbindung stehen. Sie zeigen sogar auf, dass die Zellregeneration von der Aktivierung des Nervensystems abhängig ist. Unter Bedingungen, in denen die normale Aktivität reduziert ist, wie dies etwa bei einer TM der Fall ist, kann die Bedeutung der Aktivität sogar noch wichtiger sein. Die Aktivität spielt beispielsweise eine Rolle bei der Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung, bei der Eliminierung von Synapsen, bei der Myelinisierung und ihrer Aufrechterhaltung, sowie beim axonalen Wachstum. Diese umfassend anzutreffende Abhängigkeit der Entwicklung und Plastizität im ZNS von der neuronalen Aktivität legt nahe, dass die neuronale Aktivität auch für die Regeneration von Bedeutung sein kann, da zahlreiche Zellmechanismen in beiden Prozessen gleichermaßen vorhanden sind.<sup>10</sup>

Nachweise, dass eine gesteigerte neuronale Aktivität zahlreiche Komponenten für eine spontane Regeneration fördert, während eine reduzierte Aktivität sie hemmt, stützen diesen Ansatz weiter.<sup>11</sup>

Die Aktivität an sich wurde mit der Produktion von Neurotrophinen in Zusammenhang gebracht; es ist daher vorstellbar, dass die Produktion von Neurotrophinen die biologische Grundlage für die neuronale Neuorganisation und die funktionelle Besserung darstellt, die durch eine FES-Aktivierung unterhalb der Schädigungsebene erzielt werden kann.<sup>12</sup>

## **Nachgewiesene Vorteile der funktionellen Elektrostimulation**

Die praktischen Vorteile einer FES bei Patienten mit Rückenmarksschädigung sind umfassend nachgewiesen: Wachstum der Muskelmasse, Knochendichte, Herz-Kreislauf-Funktion, geringerer Fettanteil im Gewebe, Blasenfunktion, geringere Spastizität, besserer Glukosehaushalt, weniger Blaseninfektionen.

Über die spezifische Anwendung von FES bei demyelinisierenden Erkrankungen liegen dagegen nur begrenzte Erfahrungen vor. Ein Pilotversuch mit 12 MS-Patienten, an denen das Training auf einem Fahrrad mit Elektrostimulation in begrenztem Umfang getestet wurde (3x in der Woche über 2 Wochen), zeigte im Ergebnis eine Besserung der Spastizität, aber keine positiven Auswirkungen auf Kraft und Gehgeschwindigkeit.<sup>13</sup> In einer weiteren Studie an MS-Patienten erzielte die langfristige (3 bis 12 Monate) Anwendung von FES-Orthesen gegen Fußheberlähmung eine Verbesserung der Kraft und Gehgeschwindigkeit. Dies legt nahe, dass diese Therapie bei MS-Patienten die Aktivierung der Motocortex und ihrer nach unten führenden Verbindungen stärkt.<sup>14</sup> Eine randomisierte Studie, die mit 44 MS-Patienten mit Fußheberlähmung durchgeführt wurde, sah vor, dass die Teilnehmer entweder mit FES-Orthesen ausgestattet wurden oder an einem 18-wöchigen Training teilnahmen. In dieser Studie erzielte das Training eine bessere Wirkung auf Gehgeschwindigkeit und Ausdauer als die FES. Die Autoren der Studie empfehlen daher, für diese Patientengruppe die kombinierte Wirkung von FES und Training weiter zu untersuchen.<sup>15</sup>

In einer neueren Pilotstudie konnten bei MS-Patienten Verbesserungen in einem weiten Bereich funktioneller und neurologischer Messwerte nachgewiesen werden, unter anderem davon betroffen waren die Gehfähigkeit, die Geschicklichkeit der Arme und die allgemeine Lebensqualität.

Eine Analyse des Liquors vor der FES und 3 Monate nach dem Beginn des FES-Radfahrprogramms ergab ein verbessertes Nervenreparaturprogramm (höherer liquorverändernder Wachstumsfaktor  $\beta 3$ ) und eine Reduktion der entzündlichen Umgebung im Liquor (geringere Interferon- $\gamma$ -, IL-7- und IL-8-Spiegel).<sup>16</sup>

## **Funktionelle Elektrostimulation bei transverser Myelitis**

Voraussetzung für eine Muskelkontraktion durch FES ist ein intaktes unteres Motoneuron. Traditionell wurde die FES-Technologie dazu verwendet, zielgerichtete Kontraktionen paralysierter Muskeln zu erzeugen. Die neuere FES-Technologie zielt hingegen darauf ab, aufsteigende Nervenfasern durch schwache elektrische Ströme zu aktivieren. Die Signale gelangen in das Rückenmark und werden entweder direkt oder über Schaltneurone an das untere Motoneuron geleitet, wodurch eine Kontraktion des Muskels ausgelöst wird.

Die direkte und sichtbare Muskelkontraktion ist daher nur einer der nützlichen Aspekte der FES. Ein weiterer ist die Wirkung der Aktivierung der aufsteigenden Leitungsbahnen und die Wirkung des elektrischen Stroms auf die Histologie und die biochemischen Eigenschaften der Muskelfasern.<sup>17,18</sup> Bei einer TM ist das untere Motoneuron in der Regel auf der Höhe der Entzündung betroffen. Aus diesem Grund sind Muskelkontraktionen in Reaktion auf FES auf der Ebene der Schädigung meist begrenzt oder fehlen ganz. Dabei kann es sich um ein vorübergehendes Phänomen handeln, das mit der akuten Entzündung in Verbindung steht. Bei den meisten Patienten kehrt die Funktionalität des unteren Motoneurons einige Wochen oder Monate nach dem Anfall zumindest teilweise wieder zurück. Während dieses Zeitraums ist es wichtig, im betroffenen Bereich einen Gewebeschwund des Muskels und die entsprechenden Folgeerscheinungen zu vermeiden. Zu diesem Zweck können Elektrostimulationsgeräte anderer Art herangezogen werden, die entweder eine länger als übliche Dauer (z.B. 200  $\mu$ s) oder einen unüblich geformten Stromimpuls (bidirektional, rechteckig) verwenden.

Eine weitere Möglichkeit, die zusätzlich zur Anwendung traditioneller Rehabilitationsmethoden (Stützapparate, Taping, Schienen) herangezogen werden kann, besteht aus der Aktivierung des Muskels von einer anderen Rückenmarksebene aus.



## **Sensorische Stimulation**

Die sensorische Stimulation kann dazu verwendet werden, nach innen führende Leistungsbahnen zu aktivieren, um dadurch Informationen zu übertragen, die in der Folge dazu verwendet werden können, eine motorische Aufgabe zu erfüllen, mit der direkten Auswirkung der Verbesserung der motorischen und sensorischen Funktion.<sup>20,21</sup>

## **BESONDERE ASPEKTE BEI KINDERN**

Akute transverse Myelitis (ATM) kommt in rund 20% aller Fälle bei Jugendlichen unter 18 Jahren vor.<sup>22</sup>

Die größte Studie, die ATM bei Kindern unter Verwendung von standardisierten Funktionsmesswerten untersucht hat,<sup>4</sup> kommt zum Ergebnis, dass ATM bei Kindern eine Altersverteilung mit zwei Häufigkeitsspitzen aufweist, wobei rund 40% der Patienten jünger als 3 Jahre alt sind und eine zweite Häufung zwischen 5 und 17 Jahren auftritt. Die stärksten Beschwerden traten bei den meisten Patienten während der akuten Krankheitsphase auf und die funktionale Beeinträchtigung erreichte 2 Tage nach dem Ausbruch der Symptome ihren Höhepunkt.

Neunundachtzig Prozent der Kinder litten unter akuter Muskelschwäche, waren in ihrer Mobilität auf Bett oder Rollstuhl beschränkt oder während dieser Phase an Beatmungsgeräte angeschlossen. Zum Zeitpunkt der Nachbeobachtung konnten 52% der ursprünglich nicht gehfähigen Patienten mindestens 10 Meter mit oder ohne Gehhilfe zurücklegen; bei den Patienten, die anfangs eine Atmungshilfe brauchten, war dies nur bei 39% der Fall. Während der akuten Phase litten 82% der Patienten unter Funktionsstörungen der Blase und brauchten einen Katheter, bei 50% der Patienten traf dies bei der Nachbeobachtung weiterhin zu.

Die meisten Patienten waren unabhängig, was die funktionellen Einschränkungen betrifft, die mit Hilfe des Funktionalen Selbständigkeitsindex FIM und dem WeeFIM (FIM für Kinder) gemessen werden: Selbstversorgung, Kommunikation, Soziales, Transfers und Fortbewegung. Ein Drittel von ihnen war jedoch in der Gehfähigkeit „eingeschränkt“ bis „völlig unselbständig“ oder war für Entfernungen über 50 m auf den Rollstuhl angewiesen. Bei der Darmkontrolle war über die Hälfte (54%) der Kinder „eingeschränkt“ bis „völlig unselbständig“, 36% brauchten Unterstützung bei Transfers und 27% bei der Selbstversorgung. Die

meisten Patienten konnten wieder ausreichende Muskelkraft und motorische Kontrolle erlangen, um gehen zu können, wichtige Beeinträchtigungen verblieben aber in zentralen funktionalen Bereichen wie Transfers, Selbstversorgung und Kontinenz.

Bei den meisten Kindern mit ATM sind ebenso wie bei Erwachsenen Rehabilitationsmaßnahmen erforderlich, um die bestmögliche Erholung zu erzielen, sowie um sekundäre Komplikationen durch die resultierende Rückenmarksverletzung, Lähmung und Bewegungsunfähigkeit zu behandeln. Beschäftigungs- und Physiotherapie sind so früh wie medizinisch möglich anzuwenden, um Kontraktionen, Muskelschwund und Druckgeschwüre (Dekubitus) zu vermeiden. In der akuten Phase sind als Behandlungsmethoden Dehngymnastik, Kräftigungsübungen und Gleichgewichtsübungen im Sitzen und Stehen angesagt. Die korrekte stationäre und ambulante Physiotherapie und Beschäftigungstherapie stärkt schwache Muskeln, verbessert das Bewegungsausmaß von Gelenken und reduziert den Verlust an Leistungsfähigkeit. Im stationären Bereich liegt der Schwerpunkt auf der Unabhängigkeit bei den Tätigkeiten des täglichen Lebens, bei Transfers und Mobilität, sowie auf der Verfügbarmachung und Verwendung angemessener medizinischer Geräte (Rollstühle, Transferboards, Ausrüstung für das Badezimmer, Hilfsausrüstungen usw.). Der Patient sollte bei Bedarf mit Orthesen (Handlagerungsschienen und Knöchel-Fuß-Orthese), um die passive Bewegungsfähigkeit zu erhalten. Bei der ambulanten Behandlung liegt der Schwerpunkt auf Feinmotorik, passende Transfertechniken und wo immer möglich, auf fortgeschrittenem Gehtraining. Es empfiehlt sich, in den Entwicklungsgang Zwischenziele („Meilensteine“) einzubauen. Die Mobilität ist ein zentraler Bereich, der zu Anfang und in der Folge immer dann angesprochen werden sollte, wenn sich der Zustand des Patienten ändert.

Einer Reihe von sekundären medizinischen Komplikationen durch den Verlust der sensorischen und motorischen Kontrolle nach einer ATM müssen verhindert oder betreut werden, um die bestmögliche Erholung zu erreichen. Besondere Aufmerksamkeit ist der Verhinderung von Druckgeschwüren (Dekubitus)<sup>23</sup> (durch richtige Lagerung bzw. Freilagerung von Prädilektionsstellen), nicht angepasster Ernährung, Kreislaufkomplikationen (früh auftretender hoher Cholesterinspiegel<sup>24,25</sup> und Fettleibigkeit<sup>26</sup>), Osteoporose, Spastizität, tiefer Venenthrombose, Lungenembolie,<sup>27</sup> und bei Jugendlichen nach der Pubertät, einer neurogenen

Erektionsstörung zu widmen.<sup>28</sup> Venöse Thromboembolien sind bei unzureichender Behandlung eine häufige Krankheits- und Todesursache nach jeglicher Art von Rückenmarksverletzung.<sup>27</sup> Bei hoch liegenden Schädigungen kann die Kontrolle des Zwerchfells verloren gehen und ein langfristiger Anschluss an ein Beatmungsgerät wird nötig. Bei Patienten mit zervikalen oder hoch im Brustbereich (über Th6) gelegenen Schädigungen, ist vegetative Dysreflexie eine potentiell lebensbedrohliche Komplikation.<sup>29</sup>

Zusätzlich entwickeln Patienten Harn- und Darminkontinenz. Besonders für größere Kinder und Jugendliche kann eine Inkontinenz peinlich sein und die erfolgreiche Behandlung erfordert eine beträchtliche Mitwirkung von ihrer Seite. Bei Kindern sollte während der ersten 3 Monate nach Ausbruch der Krankheit eine Nierenfunktionskontrolle mit Nierenultraschall sowie urodynamische Tests während der ersten 6 Monate und frühe saubere intermittierende Katheterisierung zur Vermeidung von sekundären Komplikationen durch neuronal bedingte Blasenprobleme, z.B. hyperbare Blase, obere Harnwegsinfekte und Nierenfunktionsverschlechterung angewendet werden.<sup>30</sup> Diese Kontrolle ist von besonderer Bedeutung, weil eine neurologische Untersuchung oder Störungen beim Wasserlassen eine Nierenfunktionsverschlechterung nicht zuverlässig vorhersagen können. Dieser Aspekt sollte nicht in Vergessenheit geraten, da die Gehfähigkeit oder Spannung in der Beinmuskulatur nicht mit Symptomen im Harnbereich korrelieren. Die Fähigkeit des Patienten, die Blase bewusst zu entleeren, bedeutet nicht, dass die Blasenfunktion normal ist.<sup>30</sup>

Muskelkrämpfe können sehr schwierig zu behandeln sein. Die Aufrechterhaltung der passiven und aktiven Beweglichkeit ist dabei das oberste Ziel. Dabei sind ein tägliches Stretchingprogramm und passende Orthesen hilfreich. Eine medikamentöse Behandlung ist manchmal nötig. Gegen allgemeine Spastizität gibt es oral einzunehmende Medikamente, bei lokaler Spastizität kommt eine Chemodenervation mit Botulinumtoxin oder Phenolblöcken in Frage. Bei sehr schwer zu behandelnder Spastizität können zusätzliche Eingriffe wie das Implantieren einer intrathekalen Baclofenpumpe in Betracht gezogen werden. Das Endziel dieser rehabilitativen Eingriffe ist die Unterstützung der Funktion und die Erleichterung spezifischer Alltagsaufgaben durch die Entspannung übermächtiger spastischer Muskeln und die Stärkung von schwächeren Muskeln. Zusätzliche Aktivitäten, insbesondere ein aerobisches Konditionsregime und ein allgemeines Kräftigungsprogramm zur Entwicklung neuer Fertigkeiten und zur Erholung des ZNS sollten ebenfalls gefördert werden.<sup>31</sup>

Je geringer das Alter bei Ausbruch der Krankheit, desto schlimmer sind in der Regel die Folgen, besonders wenn die Krankheit bei Kindern unter 3 Jahren auftritt.<sup>4</sup> Zusätzlich zu den Beeinträchtigungen im täglichen Leben und den Kontinenzproblemen ist es bei dieser Patientengruppe wichtig, während der Rehabilitationsphase bestimmte implizierte Folgeentwicklungen früh und entschieden anzugehen. Die richtige Lagerung und Stützung ist von grundlegender Bedeutung, weil Muskelschwäche, Spastizität und geringes Gewicht zu muskulär-skeletalen Komplikationen wie Skoliose, Rotations- (Torsions-)verformungen und Hüftdysplasie, -subluxation und -dislokation führen können. Bei fast allen ATM-Kindern, bei denen die Krankheit vor dem Wachstumsschub der Adoleszenz ausgebrochen ist, entwickelt sich eine Skoliose.<sup>32</sup> Beckenschiefstand, Gleichgewichtsprobleme beim Sitzen, Druckgeschwüre (Dekubitus) und Schmerzen können die Folge sein. Auch die Atmung kann betroffen sein, falls sich die Skoliose weiter entwickelt, da dadurch das Lungenvolumen und die Zwerchfellbewegung eingeschränkt werden können. Daher ist ein Kräftigungsprogramm zur Stützung des Rumpfes und des Sitzgleichgewichts besonders wichtig, ebenso wie die Nutzung angemessener Sitzsysteme und Korsette.

Eine unzureichenden Ausprägung der Hüftgelenkspfanne sowie die Subluxation oder Dislokation des Hüftkopfes können durch muskuläres Ungleichgewicht, Spastizität, Kontraktionen und eingeschränktes Gehvermögen verursacht werden. Bis zu 82% aller Kinder mit einer Paralyse durch TM weisen Probleme mit Hüftsubluxation oder -dislokation auf. Eine Reihe von orthetischen Vorrichtungen ist verfügbar, um die Hüfte des Patienten in einer abduzierten und neutral-bis-externen Rotationsposition zu halten. Bei Patienten mit Befunden der unteren Motoneuronen, schlaffer Parese oder fest verwachsenen Fehlstellungen sind diese Abduktionsvorrichtungen kontraindiziert. Stehen und Gehen wirken nachgewiesenermaßen der Hüftsubluxation oder -dislokation bei Kindern entgegen.<sup>33</sup>

Bei der Entlassung aus dem Krankenhaus ist es für die Familie des Kindes unerlässlich, über alle Beeinträchtigungen informiert zu werden, die auf das Kind zukommen können. Ebenso unerlässlich ist die Entwicklung eines Heimtrainings- oder Therapieprogramms, mit dem die Erholung über die Jahre kontinuierlich vorangebracht werden kann. Die Eingliederung in die Gemeinschaft, höhere Bildung und funktionelle Unabhängigkeit werden mit einer größeren Befriedigung und einer besseren Lebensqualität in Verbindung gebracht,<sup>34, 35</sup> eine

vorausschauende psychologische Behandlung kann sich auf Wiedereingliederung und Steigerung der Teilhabe konzentrieren. Aspekte des Übergangs in das Erwachsenenleben sind auch bei der Betreuung von TM-Patienten möglichst früh anzusprechen. Zu den Aktivitäten, die das Herausbilden von Fertigkeiten und die Integration fördern können, gehören spezielle Jugendlager, der Behindertensport, schulische Aktivitäten, gezielte Übernachtungen außer Haus sowie spezifische Übungs- und Trainingsprogramme.<sup>36</sup>

## **SCHLUSSBEMERKUNGEN**

Dieser Artikel hat die Absicht, die Kenntnisse über die Rehabilitationsmöglichkeiten und -problematiken bei TM auf den aktuellen Stand zu bringen. Das Nervensystem unterliegt einer dauernden Veränderung. Ein angemessenes Maß an Aktivität ist Grundbedingung für jede Regeneration und Wiederherstellung der Nerven. Dabei ist eine vollkommene Reparatur des erfolgten Schadens zum Wiedererlangen der Funktion meist nicht nötig. Auch können bedeutende Verbesserungen erst lange nach der ursprünglichen Verletzung auftreten.

Die „Reparatur“ des geschädigten Bereichs des Nervensystems durch Rehabilitation als zentraler Behandlungsmaßnahme kann das Wiedererlangen von Fähigkeiten in allen Funktionsbereichen deutlich verbessern. Jede Paralyse ist ein chronischer Zustand, der fortgesetzter, gezielter und gut durchdachter Maßnahmen bedarf, um ein optimales Ergebnis erzielen und die Lebensqualität verbessern zu können. Übungen und rehabilitative Eingriffe im Rahmen eines Behandlungsparadigmas als Mittel zur Reparatur von Schädigungen zu untersuchen und anzuwenden, ist nur sinnvoll. Dabei sollte nicht aus den Augen verloren werden, dass auch jedes Behandlungsparadigma einem dauernden Wandel unterliegt, besonders im Zusammenhang mit immunmodulierenden Therapien.

Das Einbeziehen von Aktivität in das tägliche Leben zu Hause ist durch die chronische Natur der Paralyse und ihrer wesentlichen Begleiterkrankungen die einzige pragmatische Lösung. Die laufende Information, Neubewertung und Anpassung der Therapie, die im medizinischen Zentrum vorgenommen werden, sind durch häusliche Rehabilitationsprogramme zu integrieren, die darauf abzielen, das tägliche Leben zu verbessern und positiv auf die beeinträchtigten Strukturen einzuwirken. Solange keine Heilmethode für das verletzte Rückenmark zur

Verfügung steht, liegt der Zweck der Rehabilitation in der bestmöglichen neurologischen Erholung.

## **Nützliche Webseiten**

International Center for Spinal Cord  
Injuries at Kennedy Krieger Institute  
[www.spinalcordrecovery.org](http://www.spinalcordrecovery.org).

Christopher & Dana Reeve Foundation  
NeuroRecovery Network  
[www.christopherreeve.org/site/c](http://www.christopherreeve.org/site/c).

## **\* Originalartikel:**

Sadowsky Chr.L., Becker, D., Bosques, G., Dean, J.M., McDonald J.W. III, Recio, A.,  
Frohman E.A. Rehabilitation und transverse Myelitis. *Continuum Lifelong Learning  
Neurol* 2011; 17(4):816–830.

## **Literaturhinweise:**

1. World Health Organization. International classification of impairments, disabilities and handicaps. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1997.
2. Christensen PB, Wermuth L, Hinge HH, Bomers K. Clinical course and long-term prognosis of acute transverse myelopathy. *Acta Neurol Scand* 1990;81(5):431–435.
3. Defresne P, Hollenberg H, Husson B, et al. Acute transverse myelitis in children: clinical course and prognostic factors. *J Child Neurol* 2003;18(6):401–406.
4. Pidcock FS, Krishnan C, Crawford TO, et al. Acute transverse myelitis in childhood: center-based analysis of 47 cases. *Neurology* 2007;68(18):1474–1480.
5. Dietz V, Müller R, Colombo G. Locomotor activity in spinal man: significance of afferent input from joint and load receptors. *Brain* 2002;125(pt 12):2626–2634.

6. Kiehn O, Kjaerulff O. Distribution of central pattern generators for rhythmic motor outputs in the spinal cord of limbed vertebrates. *Ann N Y Acad Sci* 1998;860:110–129.
7. Frigon A, Rossignol S. Experiments and models of sensorimotor interactions during locomotion. *Biol Cybern* 2006;95(6):607–627.
8. Becker D, Gary DS, Rosenzweig ES, et al. Functional electrical stimulation helps replenish progenitor cells in the injured spinal cord of adult rats. *Exp Neurol* 2010;222(2):211–218.
9. Brus-Ramer M, Carmel JB, Chakrabarty S, Martin, JH. Electrical stimulation of spared corticospinal axons augments connections with ipsilateral spinal motor circuits after injury. *J Neurosci* 2007;27(50):13793–13801.
10. Grill WM, McDonald JW, Peckham PH, et al. At the interface: convergence of neural regeneration and neural prostheses for restoration of function. *J Rehabil Res Dev* 2001;38(6):633–639.
11. Kempermann G, van Praag H, Gage FH. Activity-dependent regulation of neuronal plasticity and self repair. *Prog Brain Res* 2000;127:35–48.
12. Choi SH, Li Y, Parada LF, Sisodia SS. Regulation of hippocampal progenitor cell survival, proliferation and dendritic development by BDNF. *Mol Neurodegener* 2009;4:52.
13. Solomonow M, Aguilar E, Reisin E, et al. Reciprocating gait orthosis powered with electrical muscle stimulation (RGO II). Part II: medical evaluation of 70 paraplegic patients. *Orthopedics* 1997;20(5):411–418.
14. Szecsi J, Schlick C, Schiller M, et al. Functional electrical stimulation-assisted cycling of patients with multiple sclerosis: biomechanical and functional outcomeVa pilot study. *J Rehabil Med* 2009;41(8): 674–680.
15. Everaert DG, Thompson AK, Chong SL, Stein RB. Does functional electrical stimulation for foot drop strengthen corticospinal connections? *Neurorehabil Neural Repair* 2010;24(2):168–177.
16. Barrett CL, Mann GE, Taylor PN, Strike P. A randomized trial to investigate the effects of functional electrical stimulation and therapeutic exercise on walking performance for people with multiple sclerosis. *Mult Scler* 2009;15(4):493–504.
17. Ratchford JN, Shore W, Hammond ER, et al. A pilot study of functional electrical stimulation cycling in progressive multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation* 2010;27(2):121–128.
18. Mokusich T, Engelhardt A, Eichhorn KF, et al. Effects of long-impulse electrical stimulation on atrophy and fibre type composition of chronically denervated fast rabbit muscle. *J Neurol* 1990;237(1):29–34.

19. Mödlin M, Forstner C, Hofer C, et al. Electrical stimulation of denervated muscles: first results of a clinical study. *Artif Organs* 2005;29(3):203–206.
20. Issurin, VB. Vibrations and their applications in sport: a review. *J Sports Med Phys Fitness* 2005;45(3):324–336.
21. Peurala SH, Pitkänen K, Sivenius J, Tarkka IM. Cutaneous electrical stimulation may enhance sensorimotor recovery in chronic stroke. *Clin Rehabil* 2002;16(7):709–716.
22. Kerr D, Krishnan C, Pidcock FS. Acute transverse myelitis. In: Singer HS, Kossoff EH, Hartman AL, Crawford TO, eds. *Treatment of pediatric neurologic disorders*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis, 2005:445–451.
23. Yarkony GM. Pressure ulcers: a review. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(8):908–917.
24. Bauman WA, Spungen AM. Coronary heart disease in individuals with spinal cord injury: assessment of risk factors. *Spinal Cord* 2008;46(7):466–476.
25. Myers J, Lee M, Kiratli J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *Am J Phys Med Rehabil* 2007;86(2):1421–1452.
26. Rajan S, McNeely MJ, Hammond M, et al. Association between obesity and diabetes mellitus in veterans with spinal cord injuries and disorders. *Am J Phys Med Rehabil* 2010;89(5):353–361.
27. Geerts WH, Code KI, Jay RM, et al. A prospective study of venous thromboembolism after major trauma. *N Engl J Med* 1994;331(24):1601–1606.
28. Benevento BT, Sipski ML. Neurogenic bladder, neurogenic bowel, and sexual dysfunction in people with spinal cord injury. *Phys Ther* 2002;82(6):601–612.
29. Karlsson AK. Autonomic dysreflexia. *Spinal Cord* 1999;37(6):383–391.
30. Tanaka ST, Stone AR, Kurzrock EA. Transverse myelitis in children: long-term urological outcomes. *J Urol* 2006;175(5):1865–1868.
31. Sadowsky CL, McDonald JW. Activity-based restorative therapies: concepts and applications in spinal cord injury-related neurorehabilitation. *Dev Disabil Res Rev* 2009;15(2):112–116.
32. Dearolf WW 3rd, Betz RR, Vogel LC, et al. Scoliosis in pediatric spinal cord-injured patients. *J Pediatr Orthop* 1990;10(2):214–218.
33. Granata C, Magni E, Merlini L, Cervellati S. Hip dislocation in spinal muscular atrophy. *Chir Organi Mov* 1990;75(2):177–184.
34. Anderson CJ, Krajci KA, Vogel LC. Life satisfaction in adults with pediatric-onset spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med* 2002;25(3):184–190.



35. Anderson CJ, Vogel LC, Betz RR, Willis KM. Overview of adult outcomes in pediatric-onset spinal cord injuries: implications for transition to adulthood. *J Spinal Cord Med* 2004;27(suppl 1):S98–S106.
36. Molnar GE, Alexander MA. *Pediatric rehabilitation*. 3rd ed. Philadelphia: Hanley & Belfus, 1999.