

Zeitschrift: Physioactive
Herausgeber: Physioswiss / Schweizer Physiotherapie Verband
Band: 47 (2011)
Heft: 5

Artikel: Lokomat : roboterunterstütztes Gehtraining = Lokomat : l'entraînement robotisé de la marche
Autor: Wirz, Markus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-928461>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

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

Lokomat: roboterunterstütztes Gehtraining

Lokomat: l'entraînement robotisé de la marche

MARKUS WIRZ

Der Lokomat erlaubt nicht gehfähigen Patienten das Gehen. Damit unterstützt er die Erholung dieser Funktion beispielsweise nach incompletter Querschnittslähmung oder bei Halbseitenlähmung. Das Training auf dem Lokomat ist ein Teil einer umfassenden Interventionspalette.

Vor ungefähr zehn Jahren haben Roboter in die Rehabilitation und damit in die physiotherapeutische Arbeit Einzug gehalten [1]. In der Industrie wurde das Prinzip, dass Maschinen gewisse Arbeiten besser als Menschen verrichten, schon im 19. Jahrhundert entdeckt und seither verfolgt. Doch kann eine Maschine die von Menschen erbrachte physiotherapeutische Arbeit ersetzen?

Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Roboter gestützten Anwendungen. Dieser Beitrag konzentriert sich auf den in der Schweiz entwickelten Therapieroboter Lokomat (Hocoma, Volketswil).

Unterstützendes Werkzeug für die Therapie

Vorbehalte vor neuen Entwicklungen und Befürchtungen, dass Maschinen menschliche Physiotherapeuten ersetzen, sind vorerst nicht begründet, denn alle diese Geräte müssen durch geschultes Personal bedient und überwacht werden. Es ist nicht anzunehmen, dass in naher Zukunft die Therapien mehrerer Patienten von einer zentralen Steuerungskonsole zwar überwacht, aber ansonsten völlig automatisiert ablaufen. Die Roboter, die in der Rehabilitation eingesetzt werden, sind unterstützende Werkzeuge für die Therapie. Sie erlauben es, adä-

Abbildung 1: Lokomatsystem bestehend aus dem Körpergewichts-Entlastungssystem, dem Laufband mit seitlich angebrachten Barrenholmen und dem eigentlichen Lokomatsystem. Die Therapeutin zeigt der Patientin ihre Feedback-Kurve. | Illustration 1: Le système Lokomat comporte un système de délestage, un tapis roulant avec barres latérales et le système Lokomat à proprement parler. La thérapeute montre sa courbe de feedback à la patiente.

Le Lokomat permet la marche aux patients qui ne le peuvent habituellement pas. Il favorise ainsi la récupération de cette fonction, par exemple suite à une parapésie ou à une hémipésie incomplète. La rééducation sur le Lokomat fait partie d'une vaste palette d'interventions.

Les premiers robots sont apparus dans la rééducation et les activités de physiothérapie voici environ dix ans [1]. Dans l'industrie, le principe selon lequel des appareils accomplissent certaines tâches mieux que les hommes a été découvert dès le 19^{ème} siècle et reste d'actualité aujourd'hui. On se demande néanmoins toujours si un appareil peut vraiment remplacer le traitement physiothérapeutique assuré par les humains?



quate Trainingsreize zu setzen, und unterstützen auf diese Weise die Erholung der Funktionsfähigkeit. So wie beispielsweise ein Stehtisch das Stehen des nicht stehfähigen Patienten ermöglicht, erlaubt der Lokomat das Gehen beim nicht Gehfähigen.

Was der Lokomat ist

Der Lokomat besteht aus einem System mit mehreren Komponenten (*Abbildung 1*): Die *Körpergewichtsentlastung* bringt den Patienten mittels eines Entlastungsgurts und einer Aufhängevorrichtung in eine stehende, aufrechte Position und sichert ihn. Je nach Bedarf kann der Patient von seinem Körpergewicht ganz oder teilweise entlastet werden.

Dann steht der Patient auf einem *Laufband*, das durch einen Motor angetrieben wird. Seitlich am Laufband befinden sich *Barrenholme*, an denen sich der Patient festhalten kann. Diese sind in der Höhe und Weite verstellbar.

Der eigentliche Lokomat besteht aus einer *Orthese*, worin Becken und beide Beine fixiert werden. Die Orthese kann verschiedenen Körpermassen angepasst werden. Die Hüft- und Kniegelenke sind mit Motoren versehen. Die Bewegungen sind aus technischen Gründen auf die Sagittalebene beschränkt. In den Gelenken befinden sich *Sensoren* für Position und Drehmoment. Letztere messen, wie viel Kraft die Motoren aufbringen müssen, um die Gehbewegungen auszuführen. Auf diese Weise lässt sich festhalten, wie viel Eigenkraft der Patient aufbringen kann. Die Werte können dem Patienten als Feedbacks gezeigt werden und dienen der Dokumentation des Therapieverlaufs.

Der Lokomat ist mit verschiedenen, redundanten Sicherheitssystemen ausgestattet, sodass das Risiko für eine Verletzung klein ist. Unter anderem sorgt eine technische Einrichtung dafür, dass ohne überwachende Person mit dem Lokomat nicht trainiert werden kann.

Enge Zusammenarbeit von Klinikern und Ingenieuren

Der Lokomat wurde als ein Projekt des Forschungslabors des Paraplegikerzentrums der Uniklinik Balgrist entwickelt. Das Besondere daran war, dass Ingenieure und Kliniker eng zusammenarbeiteten und die Entwicklung deshalb von Anfang an auf die Anwendung, und nicht auf die technische Machbarkeit fokussierte. Dabei waren auch Physiotherapeuten mit ihrer Erfahrung wichtige Ratgeber. Der Lokomat ist einer der ersten und am weitesten entwickelte Gehroboter. Inzwischen stehen in 50 Ländern 320 Geräte im Einsatz. Es ist aber nicht das einzige Gerät zur Unterstützung des Gehtrainings. Mehrere weitere Entwicklungen stehen vor der kommerziellen Verfügbarkeit oder können bereits gekauft werden.¹

¹ Zum Beispiel der Gangtrainer (G-EO System) der Firma Reha Technologies.

Entre-temps, le progrès technologique a permis de bénéficier d'une multitude d'applications robotisées. Cet article se concentre sur le Lokomat (Hocoma, Volketswil), robot de thérapie développé en Suisse.

Des outils d'assistance pour la thérapie

Sauf avancée majeure, les craintes selon lesquelles les appareils pourraient remplacer les physiothérapeutes sont infondées car tous ces appareils doivent être systématiquement commandés et supervisés par un personnel formé. On ne peut pas exclure que dans un avenir proche il sera possible de superviser les traitements de plusieurs patients depuis une console de commande centrale, mais aucun traitement ne sera jamais entièrement automatisé. Les robots utilisés pour la rééducation sont en réalité des moyens d'assistance au traitement. Ils permettent de fixer des cibles de rééducation adéquates, facilitant ainsi la récupération des capacités fonctionnelles. Autrement dit, tout comme une table de positionnement permet au patient handicapé de tenir debout, le Lokomat autorise la marche à un patient incapable d'une telle action.

Qu'est-ce que le Lokomat

Le Lokomat est un système à plusieurs composants (*illustration 1*): Le *délestage du poids corporel* permet d'amener et de maintenir le patient à la verticale, en position debout, grâce à un harnais et à un dispositif de délestage. Au besoin, celui-ci peut être délesté de tout ou partie du poids de son corps. Le patient est alors debout sur un *tapis roulant* motorisé équipé de *deux barres latérales*, réglables en hauteur et en largeur, auxquelles il peut se tenir.

Le Lokomat se compose également d'une *orthèse*, permettant de fixer le bassin et les deux jambes. L'orthèse peut être adaptée aux dimensions de chacun. Les articulations des genoux et des hanches sont équipées de moteurs. Pour des raisons techniques, les mouvements sont limités au plan sagittal. Des *capteurs* de position et de couple sont incorporés dans les articulations. Ils mesurent la force requise par les moteurs pour assurer le mouvement. Ceci permet de déterminer l'intensité de la force que le patient parvient à appliquer. Les valeurs peuvent être montrées au patient sous forme de feedback et servent à documenter l'évolution du traitement.

Le Lokomat est équipé de différents systèmes de sécurité redondants dans le but de minimiser tout risque de blessure. Un dispositif de sécurité veille également à ce que le Lokomat ne puisse pas fonctionner et donc rééduquer sans la supervision d'une personne.

Coopération étroite entre hôpitaux et ingénieurs

Le Lokomat a été développé sous forme de projet du laboratoire de recherche du centre paraplégique de l'hôpital univer-

Das Konzept der zentralen Muster-Generatoren als Grundlage

Die Grundlage für das Induzieren und Trainieren von Gehbewegungen bei nicht gehfähigen Patienten ist das Konzept der zentralen Muster-Generatoren (central pattern generators CPG) [2]. Es handelt sich dabei um Netzwerke von Neuronen im Rückenmark, die als Reaktion auf spezifische Erregung Bewegungen erzeugen. Eine solche Bewegung ist das Gehen. Das rhythmische Grundmuster beim Gehen läuft ohne unser bewusstes Zutun ab. Wir können das Muster aber willentlich modulieren, zum Beispiel wenn wir das Gehen dem Untergrund anpassen. Dieses erst im Tierversuch festgestellte Phänomen konnte 1994 auch beim Menschen nachgewiesen werden [3]. Es zeigte sich, dass Patienten mit kompletter Querschnittlähmung ihre Beinmuskeln als Reaktion auf das rhythmische Be- und Entlasten, kombiniert mit einer Extension und Flexion, in einem ähnlichen Muster wie Gesunde aktivierten. Die Stärke einer solchen Aktivierung war jedoch deutlich reduziert.

Eine weitere Basis für das Lokomattraining ist die Grundannahme, dass für die neurologische Rehabilitation aufgabenspezifisch trainiert werden soll [4]. Das bedeutet, dass therapeutische Übungen, welche eine bestimmte Aktivität verbessern wollen, möglichst spezifisch diese Aktivität beinhalten sollten. Zudem hat sich in verschiedenen Studien gezeigt, dass längere Therapieeinheiten mit einer grösseren Anzahl an Repetitionen zu besseren Resultaten führen [5].

Indikationen

Das Stehen und Gehen sind elementare menschliche Bewegungen. Deshalb wird dem Gehen eine besondere Rolle beimessen. Verliert ein Patient seine Gehfähigkeit, wird deren Wiedererlangen zum Mittelpunkt seiner Anstrengungen. Viele Patienten verbinden in dieser Phase irrationale Hoffnungen mit dem Lokomat.

Ein Training mit dem Gehroboter ist bei Patienten indiziert, die bereits über eine geringe Gehfähigkeit verfügen oder eine günstige Prognose haben, diese wieder zu erlangen. Dabei spielen spontane Heilungs- und Reorganisationsprozesse eine grosse Rolle. Das Training auf dem Lokomat sowie die weiteren Therapiemassnahmen unterstützen diesen Prozess während der Rehabilitation. Das Training auf dem Lokomat ist als ein Teil einer umfassenden Interventionspalette zu betrachten.

Der Lokomat wurde bis jetzt bei folgenden neurologischen Diagnosen eingesetzt: Halbseitenlähmung nach zerebrovaskulärem Ereignis [6], Multiple Sklerose [7] und inkomplette Querschnittlähmung. Zudem bei Kindern und Jugendlichen mit Cerebral Parese [8]. Untersuchungen zur Effektivität lassen noch keinen eindeutigen Schluss zu (*siehe Kasten*).

sitaire Balgrist. Sa particularité repose sur le fait que les ingénieurs et le personnel hospitalier ont coopéré étroitement et que le développement s'est focalisé dès le début sur l'application plutôt que sur la faisabilité technique. Pour cela, l'expérience des physiothérapeutes leur a permis de s'avérer des conseillers précieux. Le Lokomat est l'un des premiers robots de rééducation et a bénéficié de travaux de développement sans égal. Entre-temps, 320 appareils sont utilisés dans 50 pays. Mais ce n'est pas le seul appareil d'assistance à la rééducation de la marche. Plusieurs autres systèmes sont sur le point d'être commercialisés ou sont déjà disponibles.¹

Le concept CPG (Central Pattern Generator) en guise de base

La base pour induire et former des mouvements de marche chez les patients incapables de marcher est le concept des *central pattern generators* ou CPG [2]. Il s'agit de réseaux de neurones de la moelle épinière qui produisent des mouvements en réaction à une excitation spécifique. Un de ces mouvements est la marche. La base rythmique de la marche a lieu inconsciemment. Nous pouvons moduler le rythme de façon volontaire, par exemple si nous adaptons notre marche selon le terrain. Ce phénomène constaté pour la première fois dans le cadre d'expériences sur les animaux a pu être testé en 1994 chez les êtres humains [3]. On a constaté que les patients atteints d'hémiplégie complète activaient les muscles des jambes en réaction à une charge et une décharge rythmique, liées à une extension et une flexion selon un schéma semblable à celui des personnes saines. La force d'une telle activation était toutefois nettement réduite.

Un autre argument en faveur de la rééducation avec Lokomat est l'idée fondamentale selon laquelle un travail spécifique doit être réalisé pour la réadaptation neurologique [4]. Cela signifie que les pratiques thérapeutiques souhaitant améliorer une activité donnée, doivent comprendre le plus spécifiquement possible cette activité. On a également constaté dans différentes études que des séances de traitement plus longues, avec un plus grand nombre de répétitions, permettent d'avoir de meilleurs résultats [5].

Indications

Rester immobile et marcher sont des mouvements humains élémentaires. Par conséquent, la marche joue un rôle particulier. Si un patient perd sa capacité de marcher, la retrouver

¹ Par exemple le robot de rééducation (système G-EO) de l'entreprise Reha Technologies.

Kasten: Unklare Effektivität des Trainings mit dem Lokomat

Wie wirksam das Training mit dem Gehroboter ist, wurde in mehreren Studien untersucht. Wobei grosse randomisierte und kontrollierte Studien weitgehend fehlen. Die Ergebnisse bei Patienten mit Querschnittslähmung zeigen einerseits Vorteile des Lokomattrainings, andererseits keinen Unterschied im Vergleich zu konventionellem Gehtraining und lassen somit keinen eindeutigen Schluss zu. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass keine einheitlichen Trainingsparameter angewendet wurden und dass die Patienten unterschiedliche Defizite zeigten bei gleichzeitig zu kleiner Anzahl von Patienten. Zudem liessen die methodologischen Vorgehensweisen weitere Einflussfaktoren nicht ausreichend ausschliessen [9].

Bei Patienten mit Halbseitenlähmung nach Schlaganfall zeigten einige Untersuchungen keinen Unterschied zu Körpergewicht entlastetem Laufbandtraining [10]. Diese ist insofern beachtenswert, da das Training mit dem Lokomat im Vergleich zu manuell unterstütztem Laufbandtraining für die Therapeuten eine deutliche Entlastung bringt. Einige Studien führten zu positiven Resultaten, was sich unter anderem darin zeigte, dass nach dem Training im Lokomat eine grössere Anzahl von Patienten unabhängig oder besser gehen konnte [11]. Eine randomisierte und kontrollierte Studie bei dieser Patientengruppe zeigte allerdings auch Vorteile des konventionellen Laufbandtrainings im Vergleich zum Training mit dem Lokomat [12].

Untersuchungen bei Kindern mit Cerebral Parese zeigten positive Effekte bezüglich des Gleichgewichts sowie der Steh- und Gehfähigkeit [8, 13, 14]. Bei Patienten mit Morbus Parkinson führte das Training mit dem Lokomat zu einer Reduktion des «Freezing of Gait» [15].

Encadré: L'efficacité de l'entraînement avec le Lokomat reste à confirmer

De nombreuses études ont été consacrées à l'entraînement avec les robots d'aide à la marche. Il manque cependant de grandes études randomisées et vérifiées. Les résultats obtenus auprès de patients paraplégiques montrent les avantages de l'entraînement avec le Lokomat, sans toutefois que celui-ci apparaisse plus efficace que l'entraînement à la marche traditionnel, d'où l'impossibilité de tirer une conclusion définitive. Cela est surtout dû au fait que les paramètres d'entraînement utilisés ne sont pas unifiés et que les patients étudiés présentaient des déficiences variables. Le nombre de patients était en outre trop restreint. De plus, les approches méthodologiques utilisées n'excluaient pas suffisamment la présence d'autres facteurs susceptibles d'influencer les résultats [9].

Chez les patients devenus hémiparétiques suite à un accident vasculaire cérébral, certaines études ne montraient pas de différence avec l'entraînement sur tapis roulant doté d'un support corporel [10]. Ceci mérite l'attention dans la mesure où l'entraînement avec le Lokomat facilite considérablement le travail des physiothérapeutes par rapport à l'entraînement sur tapis roulant assisté manuellement. Certaines études ont donné des résultats positifs, notamment le fait qu'après l'entraînement avec le Lokomat, un plus grand nombre de patients marchaient mieux, voire de manière indépendante [11]. Une étude randomisée contrôlée avec ce groupe de patients a toutefois aussi révélé certains avantages de l'entraînement traditionnel sur tapis roulant par rapport au Lokomat [12].

Les études réalisées auprès d'enfants atteints d'infirmité motrice cérébrale ont révélé des effets positifs sur l'équilibration ainsi que sur la capacité de se tenir debout et de marcher [8, 13, 14]. Chez les patients atteints de la maladie de Parkinson, l'entraînement avec Lokomat réduisait le phénomène de «Freezing of Gait» [15].

Viele Patienten berichten auch über Wirkungen des Lokomattrainings, die nicht direkt mit dem Gehen assoziiert sind: Es zeigen sich unter anderem Stabilisierungen des Kreislaufs, Verbesserungen des Muskeltonus, Anregung der Funktion der inneren Organe.

Training

Der Lokomat ist ein komplexes Gerät und seine Bedienung erfordert eine gründliche Schulung sowie Erfahrung. Beim ersten Training werden die individuell auf den Patienten abgestimmten Einstellungen gefunden und dokumentiert. Ein Lokomattraining beansprucht in der Regel eine Stunde, wovon zirka 40 Minuten auf das eigentliche Gehen entfallen. In der Regel werden zwischen zwei und fünf Trainings pro Woche durchgeführt, wobei die optimale Dosierung noch nicht systematisch untersucht wurde.

Das Gehtraining wird auf verschiedene Weise variiert. In regelmässigen Abständen wird beispielsweise das Tempo verändert, eine Feedbackaufgabe gestellt oder die Arme in koordinierter Weise mitbewegt. Die aktive Mitarbeit des Pa-

tienten wird angestrebt. Es ist wichtig, dass der Patient während der gesamten Phase aktiv teilnimmt und sich bemüht, die Bewegungen des Lokomats zu imitieren. Dies ist ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation und wird durch die aktive Mitarbeit des Patienten erreicht. Ein Patient, der sich nicht anstrengt, wird nicht profitieren. Der Patient sollte sich bewusst sein, dass das Training mit dem Lokomat ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation ist und dass er sich bemühen sollte, die Bewegungen des Lokomats zu imitieren. Dies ist ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation und wird durch die aktive Mitarbeit des Patienten erreicht.

devient l'objectif digne de tous ses efforts. Bon nombre de patients placent un espoir irrationnel dans le Lokomat pendant cette phase. Une rééducation robotisée est indiquée chez les patients disposant au moins d'une capacité faible de marcher ou qui ont déjà un pronostic favorable pour la récupérer. Dans de tels cas, des processus de guérison et de réorganisation spontanés jouent un rôle déterminant. Le travail sur le Lokomat ainsi que les autres mesures thérapeutiques soutiennent ce processus pendant la rééducation. Il fait partie d'une vaste palette d'interventions.

Jusqu'à présent, le Lokomat a été utilisé pour les diagnostics neurologiques suivants: hémiparésie suite à un accident vasculaire cérébral [6], sclérose en plaques [7] et paraplégie incomplète. Chez les enfants et les adolescents, il est utilisé en cas d'infirmité motrice cérébrale [8]. Les recherches effectuées ne permettent pas encore de tirer une conclusion définitive quant à son efficacité dans ce type d'application (voir encadré).

De nombreux patients indiquent également un effet bénéfique du Lokomat sur des facteurs qui ne sont pas directement associés à la marche: stabilisation cardiaque, améliora-

tienten kann auf verschiedene Feedbackarten dargestellt werden. Die einfachste Form ist eine Liniengrafik, es ist aber auch möglich, dass der Patient in einer virtuellen Umgebung umhergeht und spielerisch Gegenstände einsammelt. Je nach Aktivierung kann er seine virtuelle Gehrichtung steuern. Ein Vorteil des Lokomattrainings beim stark beeinträchtigten Patienten ist, dass ein dynamisches Gehen möglich wird.

Vom Lokomat über das Laufbandtraining zum Gehtraining

Bei Patienten, die zunehmend mehr Eigenkontrolle zurückgewinnen, kann die unterstützende Führungskraft des Lokomats reduziert werden. Sobald das selbständige Gehen möglich ist, wird das Training mit dem Lokomat schrittweise, anfangs überlappend, durch Laufbandtraining ersetzt. Mit weiterer Erholung werden die Körpergewichtsentlastung und die Stabilisierungshilfe durch die Gehbarren abgebaut. Parallel dazu findet ein Gehtraining ausserhalb des Lokomatsystems statt, damit das Gehen zunehmend in den Alltag integriert werden kann.

Erholt sich der Patient weiter, können auch Bewegungsaufgaben mit höheren koordinativen Anforderungen wie das Reagieren auf plötzliche Beschleunigung/Abbremsung des Laufbands oder das Laufen trainiert werden. Das Entlastungssystem dient dann als Sturzsicherung, ohne dass der Patient entlastet wird.

tions du tonus musculaire, stimulation fonctionnelle des organes internes, entre autres.

Rééducation

Le Lokomat étant un appareil complexe, sa commande exige une formation complète et de l'expérience. Lors de la première séance de rééducation, les paramètres personnalisés des patients sont identifiés et documentés. Une rééducation par Lokomat dure généralement une heure, dont environ 40 minutes de marche effective. En règle générale, on exécute entre deux et cinq séances de rééducation par semaine, bien que la posologie thérapeutique optimale n'ait pas encore été évaluée de façon systématique.

La rééducation à la marche varie de différentes manières. A titre d'exemple, la vitesse peut être modifiée à intervalles réguliers, une tâche de feedback est donnée ou les bras sont bougés de façon coordonnée. La coopération active du patient peut être représentée sur différents types de feedback ou réactions. La forme la plus simple est un graphique linéaire; il est également possible que le patient se promène dans un environnement virtuel et recueille ludiquement des objets. Il peut ainsi orienter sa direction de marche selon l'activation. Un avantage de la rééducation par Lokomat chez le patient fortement handicapé est la possibilité d'une marche dynamique.

Du Lokomat à l'exercice sur tapis roulant comme rééducation à la marche

Il est possible de réduire le degré de guidage du mouvement dès lors que les patients récupèrent leur capacité locomotrice. Aussitôt qu'une marche autonome est possible, la rééducation par Lokomat est remplacée graduellement, initialement en alternance, par des séances sur tapis roulant. Au fur et à mesure que la récupération augmente, l'allègement du poids corporel et les accessoires de stabilisation tels que les barres de marche sont retirés. Une rééducation a lieu en parallèle, en dehors du Lokomat, pour que la marche puisse être intégrée de plus en plus au quotidien.

Si le patient récupère davantage, des tâches de mouvement avec des besoins accrus en coordination peuvent également être exécutées, par exemple la réaction à une accélération/décélération soudaine du tapis roulant ou la course. Dans ce cas, le système de délestage sert de sécurité anti-chute, sans que le patient ne soit déchargé.

Documentation des progrès thérapeutiques

Le Lokomat, permet également de prendre des mesures pour documenter l'état ainsi que les progrès thérapeutiques. La résistance à un mouvement passif (comme la «Modified

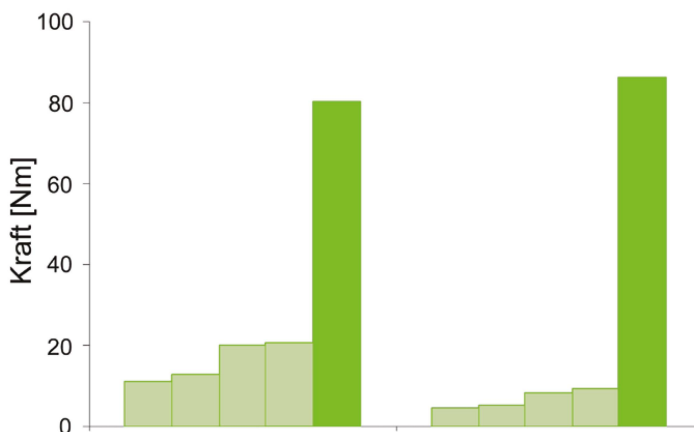


Abbildung 2: Verlauf der Willkürkraft in Flexion (links) und Extension (rechts) des rechten Hüftgelenks eines Patienten mit incompletter Querschnittlähmung. Die Werte wurden im Abstand von ungefähr drei Wochen mit dem Lokomat gemessen. Die hellen Säulen repräsentieren die Messungen des Patienten, die dunklen Säulen sind Referenzwerte von gesunden Probanden. | Illustration 2: Évolution de la force volontaire en flexion (à gauche) et extension (à droite) de l'articulation de la hanche droite d'un patient atteint de paraplégie incomplète. Les valeurs ont été mesurées toutes les trois semaines environ avec le Lokomat. Les colonnes claires représentent les mesures du patient et les colonnes sombres des valeurs de référence des testeurs sains.

Dokumentation der Therapiefortschritte

Mit dem Lokomat können auch Messungen erhoben werden, die dazu dienen, den Zustand sowie die Therapiefortschritte zu dokumentieren. Es lässt sich der Widerstand gegen passive Bewegung (analog dem «Modified Ashworth Scale»²) messen, als ein Hinweis auf den Muskeltonus und die Maximalkraft, mit der Hüft- und Kniegelenke in der Sagittalebene bewegt werden können (Abbildung 2).

Der Lokomat ist ein Therapiegerät, mit dem bei gezielter Indikation der Erholungsprozess der Gehfähigkeit unterstützt werden kann. Er kommt in der Phase zur Anwendung, in welcher der Patient viel Unterstützung benötigt. Das Zusammenarbeiten von Ingenieuren und Physiotherapeuten stellt eine Chance dar, damit Therapie-Roboter auf die Bedürfnisse der Patienten und Therapeuten abgestimmt werden.

Literatur I Bibliographie

- Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev.* 2000 Nov-Dec; 37(6): 693–700.
- Barbeau H, Rossignol S. Recovery of locomotion after chronic spinalization in the adult cat. *Brain Res.* 1987 May 26; 412(1): 84–95.
- Dietz V, Colombo G, Jensen L. Locomotor activity in spinal man. *Lancet.* 1994 Nov 5; 344(8932): 1260–3.
- Dobkin BH. Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol.* 2004 Sep; 3(9): 528–36.
- Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JW, Lankhorst GJ, Koetsier JC. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet.* 1999 Jul 17; 354(9174): 191–6.
- Mayr A, Kofler M, Quirbach E, Matzak H, Frohlich K, Saltuari L. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2007 Jul-Aug; 21(4): 307–14.
- Beer S, Aschbacher B, Manoglou D, Gamper E, Kool J, Kesselring J. Robot-assisted gait training in multiple sclerosis: a pilot randomized trial. *Mult Scler.* 2008 Mar; 14(2): 231–6.
- Meyer-Heim A, Ammann-Reiffer C, Schmartz A, Schafer J, Sennhauser FH, Heinen F, et al. Improvement of walking abilities after robotic-assisted locomotion training in children with cerebral palsy. *Arch Dis Child.* 2009 Aug; 94(8): 615–20.
- Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor Training for Walking After Spinal Cord Injury. *Spine.* 2008; 33(21): E768–E77 10.1097/BRS.0b013e3181849747.
- Hesse S. Treadmill training with partial body weight support after stroke: a review. *NeuroRehabilitation.* 2008; 23(1): 55–65.
- Mehrholz J, Werner C, Kugler J, Pohl M. Electromechanical-Assisted Gait Training With Physiotherapy May Improve Walking After Stroke. *Stroke.* 2008 June 1, 2008; 39(6): 1929–30.
- Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, Brady K, Campbell DD, Kahn JH, et al. Multicenter Randomized Clinical Trial Evaluating the Effectiveness of the Lokomat in Subacute Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2009 January 1, 2009; 23(1): 5–13.
- Borggraefe I, Schaefer JS, Klaiber M, Dabrowski E, Ammann-Reiffer C, Knecht B, et al. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology.* 2010; 14(6): 496–502.
- Druzicki M, Rusek W, Szczepanik M, Dudek J, Snela S. Assessment of the impact of orthotic gait training on balance in children with cerebral palsy. *Acta Bioeng Biomech.* 2010; 12(3): 53–8.
- Lo A, Chang V, Gianfrancesco M, Friedman J, Patterson T, Benedicto D. Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study. *J Neuroeng Rehabil.* 2010; 7(1): 51.

² Modified Ashworth Scale: Der Test erfasst den geschwindigkeitsabhängigen Widerstand gegen passive Bewegung als ein Zeichen für Tonusveränderungen, die bei Patienten mit Verletzungen des zentralen Nervensystems auftreten.

Ashworth Scale»)² peut être mesurée et évaluée en tant qu'indication du tonus musculaire et de la force maximale des articulations de la hanche et du genou sur le plan sagittal (Illustration 2). Le Lokomat est un moyen de traitement permettant de soutenir le processus de récupération de la capacité locomotrice par indication ciblée. Il est appliqué pendant la phase au cours de laquelle le patient nécessite un soutien important. La coopération des ingénieurs et des physiothérapeutes constitue une chance pour pouvoir adapter les performances d'un traitement robotisé aux besoins des patients et des thérapeutes.



Markus Wirz

Markus Wirz, MPTSc, arbeitet als Teamleiter der Physiotherapie des Paraplegikerzentrums an der Uniklinik Balgrist in Zürich. Dort betreut er stationäre und ambulante Patienten mit Querschnittslähmung und arbeitet in der angegliederten Forschung mit. Markus Wirz ist zudem Dozierender an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (zhaw).

Markus Wirz, MPTSc, travaille comme chef de l'équipe de physiothérapie du centre paraplégique de l'hôpital universitaire Balgrist à Zürich. Il y traite des patients paraplégiques hospitalisés et ambulatoires et assume aussi une fonction de coopérateur scientifique. Il est par ailleurs chargé de cours auprès de l'établissement d'enseignement supérieur des sciences appliquées (zhaw) de Zurich.

² Modified Ashworth Scale: Le test enregistre la résistance dépendant de la vitesse par rapport à un mouvement passif comme un signe de changement de tonus chez des patients qui présentent des lésions du système nerveux central.