

Zeitschrift: Physioactive
Herausgeber: Physioswiss / Schweizer Physiotherapie Verband
Band: 50 (2014)
Heft: 5

Artikel: Computergestützte Neurorehabilitation der oberen Extremität =
Réadaptation neurologique des membres supérieurs assistée par
ordinateur

Autor: Klamroth-Marganska, Verena
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-929058>

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: 26.04.2026

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

Computergestützte Neurorehabilitation der oberen Extremität

Réadaptation neurologique des membres supérieurs assistée par ordinateur

DR. MED. VERENA KLAMROTH-MARGANSKA

Mit Spielen und virtuellen Realitäten kann die computerunterstützte Armtherapie die Patienten motivieren und ihre Leistung verbessern. Die Therapieroboter ergänzen die herkömmlichen Therapieformen und werden vermehrt eingesetzt.

In der Schweiz erleiden jährlich etwa 16 000 Menschen einen Schlaganfall. Etwa ein Drittel der Betroffenen berichten von einer funktionslosen oberen Extremität und so ist ein wesentliches Ziel der Neurorehabilitation, die motorischen Fähigkeiten wieder zu erwerben. Um die Therapie zu ergänzen und zu bereichern, integrieren mehr und mehr Therapeuten computergestützte Geräte in den Therapiealltag.

Die Funktion dieser Geräte reicht von einer einfachen Gewichtsentlastung bis hin zu hochkomplexen Systemen, die die Intention des Patienten erkennen und die Unterstützung individuell während der Therapie anpassen können. Einsatz finden sie vor allem bei neurologisch geschädigten Patienten mit moderater oder hochgradiger Beeinträchtigung der motorischen Arm- und Handfunktion.

Ein Werkzeug, um die Therapie zu intensivieren

Die Geräte können den Therapeuten nicht ersetzen, sondern bieten ihm vielmehr ein hilfreiches Werkzeug, um das Training zu intensivieren. In der virtuellen Realität werden hochrepetitive Übungen in Spiele oder Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) eingebunden. Diese «sinnvollen» Bewegungen (und nicht nur monotone Wiederholungen) können den Patienten motivieren und seine Leistungsbereitschaft fördern. Zudem werden die Bewegungsabläufe durch Rückmeldung, etwa in Form verstärkter akustischer oder optischer Signale, verbessert. Damit erfüllen die Geräte viele Voraussetzungen erfolgreichen motorischen Lernens: hohe Repetition, aktive Teil-

Grâce aux jeux et à la réalité virtuelle, les ordinateurs utilisés pour faciliter la rééducation des bras permettent aux patients de retrouver leur motivation et d'améliorer leurs performances. Les robots de rééducation complètent les traitements conventionnels et sont de plus en plus utilisés.

En Suisse, environ 16 000 personnes sont victimes d'un accident vasculaire cérébral (AVC) chaque année. Le membre supérieur de près d'un tiers des personnes concernées est alors inutilisable. Un des principaux buts de la réadaptation neurologique est de leur rendre leurs capacités motrices. De plus en plus de thérapeutes intègrent des appareils informatiques au traitement afin de le compléter et l'enrichir.

La fonction de ces appareils s'étend du simple délestage de poids aux systèmes hautement complexes qui reconnaissent l'intention des patients et peuvent adapter l'aide individuellement durant le traitement. Ils trouvent leur utilité avant tout pour les patients atteints au plan neurologique avec une diminution modérée ou grave des fonctions motrices des bras et des mains.

Un moyen d'intensifier le traitement

Les appareils ne peuvent pas remplacer le thérapeute, mais ils constituent un instrument précieux qui permet d'intensifier l'entraînement. La réalité virtuelle intègre des exercices répétitifs dans le cadre de jeux ou d'activités de la vie quotidienne (AVQ). Ces mouvements «profitables», qui ne sont pas uniquement des gestes répétitifs monotones, peuvent motiver le patient et favoriser ses performances. Par ailleurs, les séries de mouvements sont améliorées par un feed-back, sous forme de signaux acoustiques et optiques amplifiés.



Abbildung 1: Armeo®Power. | Illustration 1: Armeo®Power.



Abbildung 2: Amadeo®. | Illustration 2: Amadeo®.

nahme und Motivation, aufgabenorientiertes Training sowie positive Verstärkung.

Der Therapeut kann aus einer Vielzahl von Aufgaben am Computer wählen und die Schwierigkeit an die Bedürfnisse des Patienten anpassen, so etwa den Grad der Gewichtslastung, die zu trainierenden Gelenke oder das Bewegungsausmass. Des Weiteren erleichtern eingebaute Schnittstellen zur Verlaufsbeobachtung und Dokumentation die Befunderhebung für den Therapeuten.

Die Geräte verbessern die ADL nach Schlaganfall

Und so konnte die Wirksamkeit der computergestützten Armtherapie in zahlreichen Publikationen nachgewiesen werden. Die meisten Untersuchungen erfolgten hier bei Patienten nach Schlaganfall, auf die sich auch Übersichtsarbeiten beschränken. Zusammengefasst zeigen Wirksamkeitsstudien, dass die Geräte in der Therapie nach Schlaganfall hinsichtlich ADL besser abschneiden als herkömmliche Therapieformen (Standardized Mean Difference (SMD) 0,43, 95%-Konfidenzintervall (KI) 0,11–0,75), und möglicherweise auch die motorische Funktion stärker verbessern (SMD 0,45, KI 0,20–0,69). Allerdings lässt sich kein höherer Kraftgewinn erkennen (SMD 0,48, KI 0,06–1,03) [1]. So konnten wir zum Beispiel in einer gross angelegten Studie mit dem ARMin-Roboter zeigen, dass die Armfunktion selbst im chronischen Stadium signifikant verbessert wird und dieser Funktionsgewinn auch langfristig nachweisbar ist [2]. Die Robotherapie gilt als ungefährlich und wird von den Patienten gut toleriert [1].

Verschiedene Modelle sind auf dem Markt

Computergestützte Geräte haben nicht nur in der Forschung Einzug gehalten, es gibt auch eine Vielzahl kommerziell erhältliche Therapiegeräte.

Ainsi, les appareils remplissent de nombreuses conditions d'un apprentissage moteur réussi: répétition importante, participation active, motivation, entraînement orienté sur des tâches et renforcement positif.

Le thérapeute peut choisir parmi une gamme de tâches et adapter le niveau de difficulté aux besoins de chaque patient. Il peut aussi définir le degré de délestage de poids, les articulations à entraîner ou l'amplitude des mouvements. En outre, les interfaces installées facilitent le suivi de l'évolution et la documentation.

Les appareils améliorent les AVQ après un AVC

Nombre de publications ont montré l'efficacité de la rééducation des bras assistée par ordinateur. La plupart des études et des suivis ont été réalisés sur des patients qui avaient subi un AVC. En résumé, des études d'efficacité montrent que les patients qui effectuent leur rééducation avec des appareils obtiennent de meilleurs résultats suite à un AVC au niveau des AVQ que ceux qui utilisent les formes traditionnelles de traitement (Standardized Mean Difference (SMD): 0,43; intervalle de confiance 95% (CI): 0,11–0,75). Ils améliorent fortement leurs fonctions motrices (SMD 0,45; CI: 0,20–0,69), même s'ils ne présentent pas de gains de force (SMD 0,48, IC 0,06–1,03) [1]. Dans le cadre d'une étude à grande échelle où les patients utilisaient le robot ARMin, nous avons pu démontrer que la fonction du bras était améliorée de manière significative même au stade chronique et que ce gain était durable [2]. Le traitement assisté par robots ne présente aucun danger et reste bien tolérée par les patients [1].

Différents modèles sur le marché

Les appareils assistés par informatique ont trouvé leur place au cœur de la recherche. Une vaste gamme d'appareils thérapeutiques sont aussi disponibles dans le commerce.



© Rehaptix

Abbildung 3: VPIT®. 1 Illustration 3: VPIT®.

Die Schweizer Firma Hocoma etwa bietet mit «Armeo» Komplettlösungen für den gesamten Therapieverlauf an. Dies reicht von der Armschlinge Armeo®Boom mit Gewichtsentlastung und Übungen in virtueller Realität über den Armeo®Spring mit zusätzlicher Bewegungsführung bis hin zum Roboter Armeo®Power (Abbildung 1) mit aktiver und individuell anpassbarer Unterstützung. Gerade schwer betroffene Patienten scheinen von Robotern zu profitieren [2] und das Gerät ermöglicht aktive Therapie selbst bei weitgehend funktionslosem Arm. Abgerundet wird das Konzept durch ein Gerät speziell für die Therapie von Kindern, das sich nicht nur in der Grösse unterscheidet, sondern auch durch altersgerechte, unterhaltsame Spiele auffällt.

Auch die österreichische Firma tyromotion bietet mit «tyrosolution» ein Therapiekonzept für die obere Extremität an. Der dazugehörige Roboter Amadeo® (Abbildung 2) etwa trainiert gezielt die Motorik und Sensorik der Hand. Das Gerät erlaubt eine Vielzahl an Bewegungsmöglichkeiten einzelner Finger oder der ganzen Hand, sowohl passiv als auch assistiert oder aktiv. Mittels interaktiven Spielen können unter anderem Kraft, Koordination und Feinmotorik geschult werden. Alle Geräte ermöglichen eine Dokumentation des Therapieverlaufs. Durch Spiele und Aufgaben in virtueller Realität wird nicht nur die Motivation erhöht, sondern auch die Konzentration geschult.

Neben Therapierobotern werden vermehrt auch Roboter zur reinen Befunderhebung angeboten. An der ETH Zürich wurde ein virtueller «Nine Hole Peg»-Test¹ entwickelt (VPIT der Firma Rehaptix®, Abbildung 3) [3]. Er kann nicht nur die Zeit zur Erfüllung der Aufgabe erfassen, sondern gleichzeitig eine Vielzahl von Symptomen, wie etwa Muskelschwäche, mangelnde Koordination, Tremor und veränderter Muskeltonus, zuverlässig messen und auch kleine Fortschritte erkennen.

¹ Nine-Hole-Peg-Test: Test zur Messung der Fingergeschicklichkeit, bei dem neun Stäbchen in einen Sockel mit Löchern gesteckt und nachher wieder zurück in den Behälter gelegt werden müssen, dabei wird die Zeit gemessen.

L'«Armeo» de l'entreprise suisse Hocoma offre des solutions complètes pour la totalité du parcours thérapeutique. Elles s'étendent de l'écharpe Armeo®Boom, qui permet un délestage de poids et des exercices en réalité virtuelle, en passant par l'Armeo®Spring qui dispose d'un guide supplémentaire de mouvements, jusqu'au robot Armeo®Power (illustration 1) qui offre une aide adaptable active et individuelle. Même les patients fortement touchés semblent tirer profit des robots [2] et l'appareil permet un traitement actif, même si le bras est largement inutilisable. Un appareil spécialisé pour le traitement des enfants a permis de parfaire le concept. Il ne se différencie pas seulement par la taille, mais également par des jeux amusants et adaptés à l'âge des enfants.

La «tyrosolution» de l'entreprise autrichienne tyromotion propose aussi un concept de traitement des membres supérieurs. Le robot Amadeo® (illustration 2) entraîne de manière ciblée la motricité et la sensibilité de la main. Il permet des divers types de mouvements pour chaque doigt ou la main complète, ainsi qu'une assistance passive ou active. Des jeux interactifs permettent d'exercer la force, la coordination et la motricité. Une documentation du parcours thérapeutique est possible avec tous les appareils. Les jeux et les tâches effectuées dans la réalité virtuelle permettent d'augmenter la motivation et la concentration.

En plus des robots thérapeutiques, des robots sont de plus en plus souvent proposés pour effectuer des évaluations. Un test dénommé «Nine Hole Peg»-Test¹ a été développé à l'EPFZ de Zurich (VPIT de l'entreprise Rehaptix®, Abbildung 3) [3]. Il est en mesure de saisir le temps de réalisation de la tâche, mais aussi de mesurer de manière fiable un éventail de symptômes, tels que la faiblesse musculaire, le manque de coordination, le tremblement ou une modification de la tonicité musculaire; il peut ainsi reconnaître les plus petits progrès.

Les premières sociétés spécialisées recommandent son utilisation

Les physiothérapeutes installés se demandent quelle est l'efficacité de toutes les avancées technologiques les plus récentes dans le domaine de la réadaptation neurologique. Les coûts de ces appareils se situent entre quelques milliers de francs et à des montants à six chiffres. Comme dans bien d'autres domaines, nous assistons à une augmentation des copies à bas prix provenant des pays d'Asie de l'est. Il est fortement déconseillé d'y avoir recours car ces copies ne remplissent souvent pas les fonctions nécessaires et ne

¹ Nine-Hole-Peg-Test: test de mesure de l'habileté des doigts, dans lequel il faut faire rentrer neuf bâtonnets dans un socle percé de petits trous et les remettre ensuite dans le contenant, le temps est mesuré.

Erste Fachgesellschaften empfehlen Einsatz

Gerade für den niedergelassenen Therapeuten stellt sich bei der Vielfalt der neuesten technischen Errungenschaften auf dem Gebiet der Neurorehabilitation die Frage der Effizienz. Die Kosten für die Geräte liegen zwischen einigen tausend Franken bis zu Preisen im unteren sechsstelligen Bereich. Wie in vielen anderen Bereichen werden auch hier vermehrt günstige Plagiate aus ostasiatischen Ländern angeboten. Allerdings ist von diesen stark abzuraten, da sie häufig nicht die notwendige Funktion und Sicherheitsanforderungen erfüllen und sich daher im Therapiealltag oft als unzuverlässig und teilweise für den Patienten gefährlich erweisen.

In den USA fand die roboterunterstützte Therapie der oberen Extremität Einzug in die Empfehlungen der «American Heart Association» [4]. Auch in Europa werden Roboter zunehmend in den Therapiealltag der stationären und ambulanten Behandlung integriert, die Deutsche Gesellschaft für Neurorehabilitation empfiehlt den Einsatz robotergestützter Armtherapie, wenn die selektive Beweglichkeit bei schwerer Armlähmung verbessert werden soll [5].

répondent pas aux exigences en matière de sécurité. Elles se révèlent par conséquent souvent peu fiables dans le cadre du traitement et parfois dangereuses pour les patients.

Aux États-Unis, le traitement des membres supérieurs assisté par robot a trouvé sa place dans les recommandations de l'«American Heart Association» [4]. En Europe également, les robots sont de plus en plus intégrés aux traitements des traitements institutionnels et ambulatoires. La Société allemande de traumatologie et des neurosciences cliniques recommande la rééducation des bras assistées par ordinateur lorsque la motricité sélective doit être améliorée en cas de paralysie sévère [5].

Literatur I Bibliographie

1. Mehrholz, J., et al., Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012. 6: p. CD006876.
2. Klamroth-Marganska, V., et al., Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurol*, 2014. 13(2): p. 159–66.
3. Fluet, M.C., O. Lambercy, and R. Gassert, Upper limb assessment using a Virtual Peg Insertion Test. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2011: p. 5975348.
4. Miller, E.L., et al., Comprehensive overview of nursing and interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient: a scientific statement from the American Heart Association. *Stroke*, 2010. 41(10): p. 2402–48.
5. Thomas, P., Rehabilitative Therapie bei Armparese nach Schlaganfall. *Neurol Rehabil*, 2009. 15(2): p. 81–106.

CONPREVA DUO Der «Mercedes»

- 2-Kanal EMG
- Druckmessung
- Elektrotherapie
- EMG getriggerte Stimulation
- Individuelle Programmgestaltung
- Datenspeicherung im Gerät
- Übersichtliches Farbdisplay
- Einfache Bedienung
- Akustische Unterstützung
- PC Direktübertragung
- Akku & Netzbetrieb



Neuste Entwicklung: Biofeedback & Elektrostimulation
Im speziellen zur therapeutischen Inkontinenzbehandlung und Neurorehabilitation



parsenn-produkte ag
kosmetik • pharma • med. geräte

www.parsenn-produkte.ch Tel. 081 300 33 33
Klus, CH - 7240 Kublis Fax 081 300 33 39



Dr. med. **Verena Klamroth-Marganska** ist Humanmedizinerin und arbeitet als Wissenschaftlerin in einem interdisziplinären Team von Ingenieuren, Bewegungswissenschaftlern und Therapeuten am Labor für Sensorimotorische Systeme der ETH Zürich. Sie hat eine gross angelegte Studie zur Arm-Robotertherapie mit dem Gerät «ARMin» (Prototyp zu Armeo®Power) geleitet.

Dr **Verena Klamroth-Marganska**, médecin; elle travaille en tant que scientifique au sein d'une équipe interdisciplinaire comptant des ingénieurs, des spécialistes en sciences du mouvement et des thérapeutes dans le laboratoire des systèmes sensorimoteurs de l'EPFZ de Zürich. Elle a conduit une étude à grande échelle concernant la rééducation des bras assistée par ordinateur avec l'appareil «ARMin» (prototype de l'Armeo®Power).