



ZEITSCHRIFT
FÜR **PHYSIO**
THERAPEUTEN

76. Jahrgang
April 2024



**NICHTS FÜR
SCHWACHE
NERVEN**

AUTORENABDRUCK

[physiotherapeuten.de](https://www.physiotherapeuten.de)



tinana

Die kostenlose Physio-App
für deine Praxis!



Brain-Computer-Interface-Therapie kann in der Neurorehabilitation beispielsweise bei Schlaganfall-Patientinnen und -Patienten eingesetzt werden. Dabei kann diese Form der funktionsorientierten Therapie Physiotherapie zwar nicht ersetzen, jedoch im Rahmen der Schlaganfall-Rehabilitation eine sinnvolle Ergänzung zur physiotherapeutischen Behandlung darstellen.

Gedachte Bewegung?

Brain-Computer-Interface-Therapie und Physiotherapie in der Schlaganfallrehabilitation

..... Ein Beitrag von Renata Horst und Tarek Elsherif

TITELBEITRAG

Ein Brain-Computer-Interface wird zur Steuerung verschiedener Oberflächen, wie beispielsweise eines Rollstuhls oder eines Roboterarms genutzt. Die Vorstellung eines konkreten Verhaltens löst eine feststellbare und messbare Veränderung der elektrischen Aktivität des Gehirns aus. Mittels Elektroenzephalografie (EEG) wird die Aktivität des Gehirns aufgezeichnet, um vom Computer analysiert und anschließend in Steuersignale umgewandelt zu werden. Dies geschieht mittels Elektroden, die entweder auf der Hautoberfläche oder durch Implantation appliziert werden. Hierdurch entsteht eine Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer (siehe Abbildung 1) (1).

Gerade in der Zeit der künstlichen Intelligenz (KI) eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Therapie von Patienten mit neurologischen Erkrankungen. Beispielsweise erhalten Patienten mit Locked-in-Syndrom hiermit die Möglichkeit, mit ihren Mitmenschen zu kommunizieren. Bisher musste zumindest eine Fingerbewegung selbständig initiiert werden können, um einen Computer zu betätigen. Auch für Menschen, die an Amyotropher Lateralsklerose (ALS) erkrankt sind und ihre Fähigkeit zu sprechen verlieren, eröffnen sich hierdurch ungeahnte Möglichkeiten, um mit ihren Mitmenschen interagieren zu können.

Die Bedeutung der Hand für den Mensch

In der Kindesentwicklung verbringt das Neugeborene circa 50 % seiner Wachzeit mit der Entdeckung seiner Hand. Die taktil-kinästhetischen Erfahrungen mit den Bewegungen der eigenen Hand und diese mit der visuellen Perzeption in Verbindung zu bringen, zum Beispiel durch das Berühren eines Mobiles, das eventuell auch akustische Signale erzeugt, ist wichtig für die Persönlichkeitsentwicklung, beziehungsweise die „Ich-Identität“ des Kindes (2).

Die Hand bildet zusammen mit dem Arm und der Schulter eine funktionelle Einheit, um es dem Menschen zu ermöglichen, sich selbst sowie seine Umwelt zu erkunden. Der hochempfindliche Tastsinn der Finger, durch die hohe Dichte an Tastkörperchen an den Fingerkuppen, ermöglicht

geschickte Bewegungen ohne visuelle Kontrolle. Diese Fähigkeit konnte bisher trotz modernster technischer Entwicklung nicht simuliert werden (3). Aufgrund der vielfältigen Ausdrucksweise, welche die Hand des Menschen beim Malen, Schreiben und Gestikulieren ermöglicht, wird sie auch als „Werkzeug des Geistes“ beschrieben (4).

Plastizität: Netzwerke sind aktivitätsabhängig repräsentiert

Wir greifen, tasten, halten, gestalten tagtäglich mit unseren Händen unsere Umwelt und erhalten Informationen aus dieser. Da unsere Hände einen so hohen Stellenwert für die alltäglichen Manipulationen und Informationsaufnahmen haben, sind sie auch dementsprechend stark in unserem Gehirn repräsentiert. Sowohl die Hand als auch die Finger sind im Vergleich zu anderen Körperteilen, aber auch im Vergleich zu anderen Tieren, überdimensional in den sensorischen Arealen des Kortex repräsentiert.

Wenn man die kortikale Repräsentation genauer betrachtet, stellt man fest, dass weder Körperteile noch Bewegungen repräsentiert sind, sondern dass Netzwerke spezifisch geformt werden, je nachdem, welche Aktivität ausgeführt wird. Es kommt bei derselben Bewegung zu unterschiedlichen Vernetzungen von Neuronen, je nachdem, welche Aktivität ausgeführt wird (siehe Abbildung 2) (5–8).

Handlungen werden durch parallele Verarbeitungssysteme organisiert

Für ein adäquates Einsetzen unserer Hände und Finger braucht es ein hochspezialisiertes Zusammenspiel vieler Komponenten. Sensorische Rückmeldung ist die Voraussetzung für geschicktes Manipulieren von Objekten, damit die zeitliche und räumliche Abfolge hierfür abgestimmt werden >>

Für Eilige
In der neurologischen Rehabilitation, in der das motorische Lernen im Fokus steht und die Therapieziele der Patientinnen und Patienten auf Aktivitäts- und Partizipations-ebene angegeben werden, bedarf es mehr als nur der reinen Vorstellung von abstrakten Bewegungen. Damit motorisch gelernt werden kann, muss aktivitäts- und kontextbezogen trainiert werden. Das Bilden von Netzwerken ist die Grundlage der Plastizität, und dies ist in weiterer Folge die Voraussetzung für das motorische Lernen.



Abbildung 1: Therapiesituation mit einem Brain-Computer-Interface.

Für die Organisation von Alltagsaktivitäten, um adäquate Lösungen für die jeweilige Handlung zu ermöglichen, bedarf es der Interaktion zwischen Perzeptions- und Aktionssystemen.

kann (3, 11, 12). Es bestehen nicht nur hohe Anforderungen für die Feinmotorik selbst. Es sind auch eine ausreichende posturale Kontrolle und präaktive Stabilität der Schulter und des restlichen Körpers – bis hin zu den Füßen – notwendig, um unsere Hände adäquat einsetzen zu können (13, 14). Bei Bewegungen des Armes und der Hand wird die antizipatorische posturale Kontrolle vom Supplementären Motorischen Areal (SMA) und vom Parietalkortex kontrolliert. Bereits bei der Idee, den Arm zu bewegen, bauen der Kopf, der Rumpf und die Scapula die nötige Stabilität auf.

Die Augen-Hand-Koordination sowie das Zusammenspiel zwischen dem vestibulären und propriozeptiven Systems (vestibulo-spinale Reflexe) müssen organisiert werden, um die unbewusst gesteuerte



Abbildung 2: Kortikale Repräsentation. Körperteile sind im Kortex in aktivitätsabhängigen Verbänden mosaikartig repräsentiert. Dieselbe Bewegung erfordert je nach der Aktivität, bei der sie vorkommt, die Vernetzung unterschiedlicher Neuronen (9, 10).

Haltungskontrolle für distale feinmotorischer Aktivitäten zu ermöglichen. Wenn man in der Küche steht und zu einem Messer greift, um Gemüse zu schnippeln, kann man es sich nicht leisten, darüber bewusst nachzudenken, wie man sein Fußgewölbe aufrichtet, den Beckenboden und die Mm. multifidi anspannt, sowie die Rotatorenmanschette und die intrinsische Handmuskulatur ansteuert, damit die Finger das Werkzeug geschickt manövrieren. Würde man das tun müssen, würde man möglicherweise den Finger anstatt der Karotte erwischen.

Für die Organisation von Alltagsaktivitäten, um adäquate Lösungen für die jeweilige Handlung zu ermöglichen, bedarf es somit der Interaktion zwischen Perzeptions- und Aktionssystemen. Wahrnehmung ist mehr als reine Reizaufnahme. Der Mensch sucht relevante Informationen, um Probleme zu lösen. Dies bedeutet, dass zuerst ein Motiv für die Handlung vorhanden sein muss. Wenn der Mensch Durst hat, sorgt das limbische System für den Antrieb, sich in Bewegung zu setzen, um den Durst zu löschen. Das Glas, aus dem man trinken möchte, muss zunächst visuell definiert und lokalisiert werden. Im Temporallappen wird die Objekterkennung organisiert und im Parietallappen werden die räumlichen Begebenheiten wahrgenommen.

Das limbische System steht in direkter Verbindung zu den Basalganglien, die alle möglichen motorischen Programme bereithält. Die Basalganglien kommunizieren mit dem supplementär motorischen Areal, welches die Bewegungsreihenfolge bestimmt. Die Koordination zwischen Agonisten und Antagonisten übernimmt das Kleinhirn. Sämtliche Informationen werden im Motorkortex integriert, wo die motorische Strategie selektiert wird: Bewegungsrichtung, Bewegungsgeschwindigkeit sowie Art der Motoneuronrekrutierung steht fest, bevor Bewegung initiiert wird (siehe Abbildung 3). In der Regel bewegt die Hand geradlinig zum Ziel. Die anderen Gelenke passen sich an, wobei die Position des Armes propriozeptiv definiert wird und die Formation der Hand geschieht, während der Arm sich zum Objekt ausstreckt. Die Hand öffnet sich kurz vor dem Erreichen des Ziels und formt sich entsprechend des Objektes (15).

Steht ein Glas, das man füllen möchte, um anschließend daraus trinken zu können, mit der Öffnung auf dem Tisch, bewegt man die Schulter in Innenrotation, der Unterarm proniert und das Handgelenk bewegt sich in Volarflexion. Hingegen steht das Glas mit der Öffnung nach oben, organisiert man diese Handlung mit einer anderen Synergie. Die Schulter wird nach außen rotiert, der Unterarm supiniert und das Handgelenk bewegt sich in Dorsalextension (siehe Abbildungen 4a und b).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass *warum* und *wohin* man bewegt, bewusst organisiert wird, während *wie* wir bewegen, unbewusst gesteuert wird.

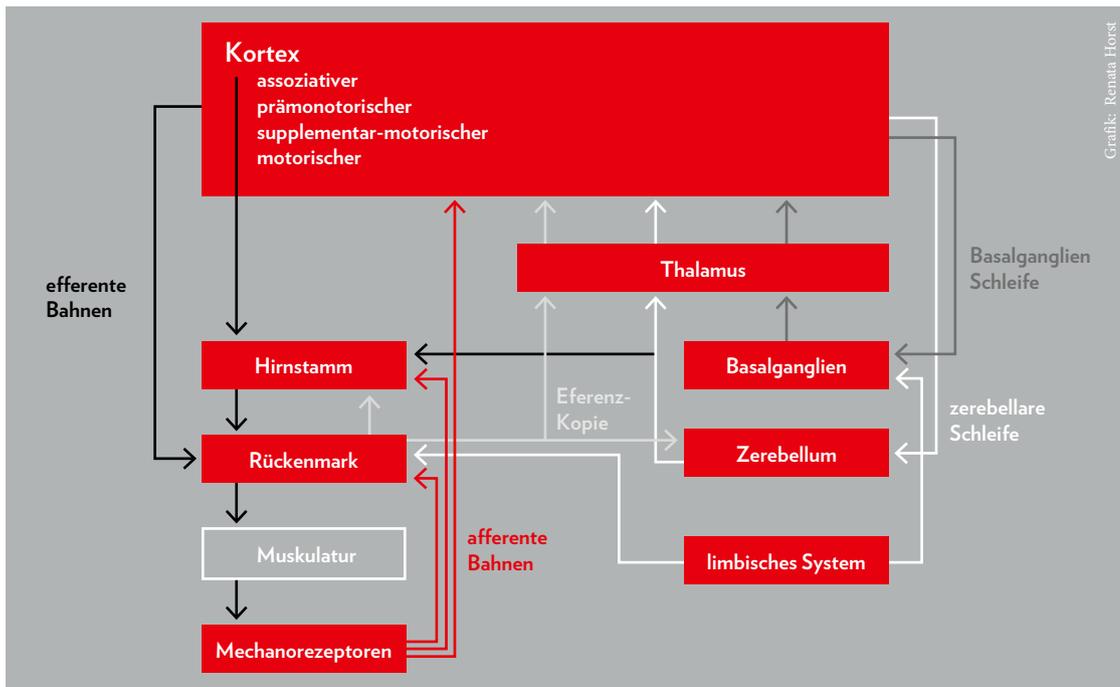


Abbildung 3: Parallele Verarbeitungsprozesse. Dasselbe Signal wird simultan von unterschiedlichen Gehirnstrukturen verarbeitet. (6, 10)

Brain-Computer-Interface-Therapie

Bei dieser speziellen Therapie¹ bekommen die Patientinnen und Patienten visuelle und akustische Anweisungen, sich die Bewegung ihrer Hand in Dorsalextension mental vorzustellen, jedoch ohne die Bewegung aktiv auszuführen. Diese Vorstellungskraft der selektiven Bewegung wird mit einer Muskelstimulation gekoppelt. Hierbei wird auf der Körperstruktur- und Körperfunktionsebene trainiert (siehe Abbildung 1).

Im Zuge der neurologischen Rehabilitation, in welcher das motorische Lernen erzielt werden soll, müssen Alltagsaktivitäten trainiert werden. Nur so werden die hierfür spezifischen kortikalen Netzwerke geformt. Motorisches Lernen beinhaltet die

Umwandlung von kurzfristigen funktionellen Veränderungen (zum Beispiel die Verbesserung der Beweglichkeit des Handgelenks) in langfristige strukturelle Veränderungen (der Bildung kortikaler Netzwerke).

Bei chronischen Patienten ist es häufig das Ziel, auf Körperstruktur- und -funktionsebene eine Sekundärprophylaxe zu ermöglichen, damit schmerzhafte Kontrakturen vermieden werden können. Hierfür können Therapiemethoden, wie Brain-Computer-Interface-Therapie, eingesetzt werden. Körperstrukturen und deren Funktionen können allerdings auch durch das Üben sinnvoller Aktivitäten in relevanten Kontexten positiv beeinflusst werden. Bei der Wahl von Therapiemethoden ist immer zu berücksichtigen, dass das Trainieren von Körperstrukturen in anderen Funktionen als jene, für >>

Im Zuge der neurologischen Rehabilitation, in welcher das motorische Lernen erzielt werden soll, müssen Alltagsaktivitäten trainiert werden.



Abbildung 4a: Aufgabenorientierte Koordination. Das Glas steht mit der Öffnung auf dem Tisch und wird mit Schulterinnenrotation, Unterarmpronation und Handvolarflexion gegriffen (10).



Abbildung 4b: Das Glas steht mit der Öffnung nach oben und wird mit Schulteraußenrotation, Unterarmsupination und Dorsiflexion der Hand gegriffen (10).

welche die spezifische Handlung benötigt wird, sogar hinderlich für das motorische Lernen sein kann (16). Möglicherweise entsteht hierdurch Verwirrung im Gehirn.

Fallbeispiel

Melanie K. (21), die einen Schlaganfall erlitten hat, berichtet von negativen Erfahrungen mit der funktionsorientierten Therapie.

Wie ging es dir nach den Anwendungen mit dem System¹?

MK: „Erschöpft, weil es so lange gedauert hat und es relativ anstrengend war, sich dabei immer wieder eine Bewegung vorzustellen. Genervt, weil ich keine



Abbildung 5a: Fokale Dystonie. Ohne Kontext sind Hand- und Fingerstreckung verkrampft.

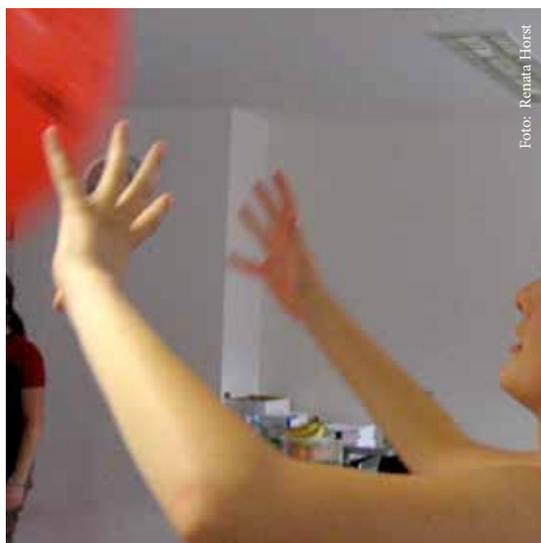


Abbildung 5b: Beim Ballprellen sind Hand- und Fingerstreckung der Situation koordiniert angepasst.

Erfolge gesehen habe und jedes Mal danach meine Haare waschen musste.“

Inwieweit haben sich die Funktionen deiner Hand durch die funktionsorientierte Therapie verändert?

MK: „Hier habe ich keine positiven Veränderungen gemerkt. Meine Hand war nach den Einheiten immer deutlich verkrampfter, dies begann immer schon während den Einheiten, dass mein Tonus bei der betroffenen Hand stieg und dies blieb auch nach der Therapie immer noch länger anhaltend.“

Kannst du einen Vergleich zwischen der Brain-Interface-Therapie und normaler Physiotherapie ziehen?

MK: „Für mich persönlich hat die funktionsorientierte Therapie keine Verbesserungen erzielt, mir fehlte dabei einfach der Bezug zum Alltag. Ich habe mir davor noch nie in meinem Leben bildlich vorgestellt, wie ich beispielsweise die Finger einer Hand öffne und ich glaube auch nicht, dass dies bei einem gesunden Menschen der Fall ist. Ein gesunder Mensch denkt nicht darüber nach, dass er jetzt die Finger auf oder zu macht – er tut es einfach automatisch, wenn er diese Bewegung für alltägliche Tätigkeiten benötigt. Deshalb finde ich die normale Physiotherapie auch viel sinnvoller, weil ich dabei wieder erlernen kann, wofür ich diese Bewegung im Alltag brauche. Und ich dabei dann auch echte Fortschritte mache. Des Weiteren ist es in jedem Fall besser, Feedback von einer echten Person zu bekommen, als von einem Computer.“

Die Kehrseite der Plastizität: Fokale Dystonie

Eine fokale Dystonie bezeichnet den Verlust der feinmotorischen Kontrolle. Die Gründe für eine fokale Dystonie sind noch nicht ausreichend belegt. Möglicherweise wird dieses Symptom hervorgerufen durch maladaptive Plastizität (17). Die abgebildeten Zentren im motorischen Cortex sind vermutlich vergrößert und überlappen sich, sodass auch angrenzende Areale aktiviert werden und hierdurch Massenbewegungen ausgelöst werden (18). Es gibt auch Annahmen, dass es sich um eine Störung im Bereich der Basalganglien handelt, der unbewussten Regulation der Motorik (19, 20).

Möglicherweise kam es durch das struktur- und funktionsorientierte Training bei Melanie K. zu einer kortikalen Repräsentationsüberlappung, weswegen sie nach dem Training von einem vermehrten Krampfgefühl berichtet hat. Dieses Phänomen trat bei Frau K. schon nach den ersten Einheiten auf und wurde für die Patientin subjektiv stets mehr. Durch die Vorstellung von Bewegungen kommt es zu vermehrter Aktivität im supplementär motorischen Areal (SMA), Kleinhirn und den

Basalganglien (21). Während bei einer willkürlichen Aktivität auf spezifische Netzwerke zurückgegriffen wird, kommt es bei dem Vorstellen einer selektiven Bewegung zu einer Aktivierung aller Netzwerke. Diese vermehrte kortikale Aktivität könnte als Erklärung des klinischen Bildes der fokalen Dystonie bei der Patientin dienen.

Auch Patienten mit distalen Paresen, wie die 16-jährige Frau L., weisen dieses Symptom nach intensivem repetitivem Training isolierter Bewegungen ohne Kontext auf (siehe Abbildungen 5a und b).

Evidenz

Studien zur Effektivität der Brain-Computer-Interface-Therapie verwenden in ihrer Bewertung strukturelle beziehungsweise funktionelle Tests und Assessments (20). Gladstone et al. empfehlen, bei der Verwendung von funktionellen Assessments ebenfalls aktivitätsbezogene Parameter hinzuzunehmen (21). Nachweise, dass Verbesserungen funktioneller Parameter die Fähigkeit widerspiegeln, Alltagsaktivitäten ausführen zu können, gibt es nicht. Im Hinblick auf strukturelle und funktionelle Ergebnisparameter konnten in den Studien zwar Verbesserungen aufgezeigt werden, allerdings wurden die Brain-Computer-Interface-Anwendungen immer begleitend zur Physiotherapie und/oder Ergotherapie eingesetzt, und das ohne Kontrollgruppe. Der einzige Rückschluss, der aus diesen Studien gezogen werden kann, ist, dass Brain-Computer-Interface-Interventionen, wie die hier genannte¹, in Verbindung mit Physiotherapie und/oder Ergotherapie auf Körperstruktur- und -funktionsebene wirksam ist. Die bisherigen Studien zeigen weder eine Gegenüberstellung zur Physiotherapie auf, noch eine Übertragung auf Alltagsaktivitäten.

Des Weiteren wurde in den oben aufgeführten Studien nicht erhoben, welche physiotherapeutische und/oder ergotherapeutischen Methoden zum Einsatz gekommen sind und in welchem Ausmaß. Dies war den Probandinnen und Probanden freigestellt.

Ob die Verbesserungen durch die konventionelle Therapie oder durch die Brain-Computer-Interface-Therapie zustande gekommen ist, ist somit fraglich.

Obwohl in den oben erwähnten Studien die Brain-Computer-Interface-Therapie immer nur in Verbindung mit Physiotherapie durchgeführt wurde, sieht die Praxis, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, meist vor, die Physiotherapie zugunsten der Brain-Computer-Interface-Therapie entsprechend zu reduzieren. In Anbetracht der derzeitigen Studienlage und der Tatsache, dass bis zu 90 Minuten pro Anwendung für diese Therapie veranschlagt werden müssen, sind die klinische Relevanz der bisherigen Studien und die daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen als kritisch zu betrachten.

Aktivitätsorientierte Assessments

Oftmals werden nach therapeutischen Interventionen Veränderungen der Körperfunktionen, wie beispielsweise Bewegungsausmaß oder Widerstand auf passive Bewegung, nachgewiesen. Diese Ergebnisse spiegeln jedoch nicht zwangsläufig die Fähigkeit wider, Alltagsaktivitäten ausführen zu können. Ebenso häufig ist umgekehrt der Nachweis vorhanden, eine Alltagshandlung ausführen zu können, ohne eine Veränderung der funktionellen Parameter aufzuweisen.

Alltagsorientierte Assessments sind möglicherweise schwierig zu standardisieren, jedoch sehen wir die Notwendigkeit, künftig ein stärkeres Augenmerk hierauf zu legen, um klinisch relevante Empfehlungen aussprechen zu können. Ebenso sehen wir die Notwendigkeit, Therapie innerhalb relevanter und sinnvoller Kontexte für das Individuum zu gestalten (22). Hier stützt sich die Patientin auf ihre linke, betroffene Hand und greift nach einem Glas mit ihrer rechten, nicht-betroffenen Hand. Während der willkürmotorischen Handlung stabilisiert der Therapeut die Os trapezii und Os hamatum. So kann das distale Ende des Radius nach ventral >>

Nachweise, dass Verbesserungen funktioneller Parameter die Fähigkeit widerspiegeln, Alltagsaktivitäten ausführen zu können, gibt es nicht.

Alltagsorientierte Assessments sind möglicherweise schwierig zu standardisieren.



◆ HWK THERAPIELIEGEN ◆

„IN DER PRAXIS

EINFACH UNSCHLAGBAR!“



www.hwk-therapieliegen.de



Abbildung 6a: Wichtig ist, die Therapie innerhalb relevanter und sinnvoller Kontexte für das Individuum zu gestalten.

gleiten, um die Dorsalextension im Handgelenk zu fördern. Mit seiner proximalen Hand übt er einen Längszug für die ventrale Kapsel aus und appliziert Druck über die Sehneninsertionen in Richtung Gelenkpfanne. Hierdurch wird die Rotatorenmanschette automatisch aktiviert (siehe Abbildung 6a).

Weiterhin stabilisiert der Therapeut die Ulna mit den Fingerkuppen seiner rechten Hand. Während die Patientin auf ihr Handydisplay schaut, begleitet er die Bewegung des Radiusköpfchens mit seinem linken Daumenballen nach ventral (siehe Abbildung 6b).

In der folgenden Tabelle 1 stellen wir ein Beispiel für ein aktivitätsbezogenes Assessment vor. Das Öffnen einer Tür wird in Bezug auf die obere Extremität beurteilt und bepunktet, im Sinne einer offenen Kette.

Tabelle 1: Beispiel für ein aktivitätsbezogenes Assessment. *Ausweichbewegungen (AWB)= Kompensationen über eine forcierte Elevation des Schultergürtels bzw. eine weiterlaufende Kompensation über die Wirbelsäule, wie etwa eine Lateralflexion zur Gegenseite.

Assessment oEx an der Tür	
Patient kann die Hand eigenständig auf die Türklinke legen	3 Punkte: ohne AWB* 2 Punkte: mit AWB 1 Punkt: mit Hilfe durch die zweite Hand
Die Hand bleibt auf der Türklinke liegen	2 Punkte: ohne Supination 1 Punkt: mit AWB
Patient kann die Hand um die Klinke schließen	1 Punkt
Patient kann die Türklinke nach unten drücken	2 Punkte: Drücken und halten 1 Punkt: Drücken, aber nicht unten halten
Patient kann die Tür zu sich ziehen	2 Punkte: und dabei die Klinke unten halten 1 Punkt: Türklinke geht dabei wieder hoch oder AWB
Patient kann die Tür wieder zurück drücken	1 Punkt



Abbildung 6b: Übungen, welche direkten Bezug zu alltäglichen Aktivitäten haben, liegen innerhalb dieser relevanten und sinnvollen Kontexte.

Aktivitäts-orientierte Therapie ist neuro-orthopädisch

In der neurologischen Rehabilitation, in der das motorische Lernen im Fokus steht und die Therapieziele der Patientinnen und Patienten auf Aktivitäts- und Partizipationsebene angegeben werden, bedarf es mehr als nur der reinen Vorstellung von abstrakten Bewegungen. Damit motorisch gelernt werden kann, muss aktivitäts- und kontextbezogen trainiert werden. Wenn Patienten die Möglichkeit erhalten, ihre Handlung zielorientiert und problem-lösend zu planen, können Schutzstrategien vermieden werden. Vor allem sollte die bestmögliche biomechanische Situation gewährleistet sein, damit das Gehirn Rückmeldung erhalten kann, um die benötigte neuromuskuläre Koordination zu organisieren. Der Therapeut ist Gestalter der Therapiesituation, in der gelernt werden kann.

Das Vorstellen oder Beüben einer einzelnen Bewegungskomponente ist ein Training auf Körperstruktur- bzw. -funktionsebene. Parameter wie Durchblutungsförderung oder Kontrakturprophylaxe können hier positiv beeinflusst werden. Es muss allerdings bedacht werden, dass sich hierbei keine kortikalen Netzwerke bilden. Das Bilden von Netzwerken ist die Grundlage der Plastizität, und dies ist in weiterer Folge die Voraussetzung für das motorische Lernen. Vielmehr kann hierdurch Verwirrung im Gehirn entstehen, was sich klinisch als fokale Dystonie darstellen kann. Dies könnte sich auch bei der Patientin Melanie K. als Problem etabliert haben, weswegen sie in Folge der Brain-Interface-Behandlung von vermehrter Verkrampfung in der Hand berichtete.

Wir empfehlen, struktur- und funktionsorientierte Therapie begleitend zur aktivitätsorientierten Therapie einzusetzen, jedoch unter Berücksichtigung der möglichen, individuell auftretenden negativen Symptome.

Gängige Assessments und Testverfahren sollten durch alltagsorientierte Assessments ergänzt werden. Die Frage nach der Effektivität, welche wir uns in der Therapie stellen, muss sich auf allen Ebenen der internationalen Klassifikation von Funktion (ICF) darstellen lassen. Es wäre wünschenswert, die Validität und Reliabilität von alltagsorientierten Assessments durch zukünftige Studien zu überprüfen, damit diese zur Dokumentation klinisch relevanter Ergebnisse verwendet werden können. ●

Anmerkung

1 RecoveriX

63

Literatur

1. Bendel O. Brain Computer Interface. pt.rpv.media/72f; Zugriff am 07.03.2024
2. Adolph KE & Berger SE. In: Bornstein MH, Lamb ME (Eds.) *Developmental Science. An advanced Textbook*, 5th Ed. Lawrence Erlbaum Ass, pub. N.J, London, 223- 281; 2005.
3. Ritter H Götz von B. und der Datenhandschuh. In: Wehr M., Weinmann M. (Hrsg.), *Die Hand, Werkzeug des Geistes* Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, S. 113-139; 1999.
4. Weinmann M. Hand und Hirn. In: Wehr M, Weinmann M. (Hrsg.) *Die Hand. Werkzeug des Geistes*. Verlag Spektrum, Heidelberg, Berlin; 1999.
5. Graziano MS, et al. *Motor Cortex in voluntary Movements*. Boca Raton: CRC Press; 171; 2005.
6. Dum RP, Strick PL. *Motor Areas in the Frontal Lobe: The Anatomical Substrate for the Central Control of Movement*. In: Riehle A, Vaadia E, eds. *Motor Cortex in Voluntary Movements*. Boca Raton: CRC Press; 2005
7. Kleim JA, et al. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res.* 51(1): 5225-39; 2008.
8. Kerr AL, et al.. Experience-dependent neural plasticity in the adult damaged brain. *J Commun Disord.* 44(5): 538-548; 2011.
9. Dally JJ, et al. Construction of efficacious gait and upper limb functional interventions based on brain plasticity evidence and model-based on brain plasticity evidence and model-based measures for stroke patients. *Scientific World J.* 20, 2031-2045; 2007.
10. Horst R, et al. *N.A.P.-Therapien in der Neuroorthopädie*. Thieme, Stuttgart; 2022.
11. Edwards LL, et al. Putting the "sensory" into sensorimotor control: the role of sensorimotor integration in goal-directed hand movements after stroke. *Frontiers in integrative neuroscience*. Review; 2019.

Die vollständige Literaturliste kann beim Verlag angefordert werden.

Renata Horst

Sie ist Physiotherapeutin und hat einen Masterabschluss in Neurorehabilitation (M.Sc.) von der Donauuniversität Krems. Sie ist Head Instructor an der N.A.P.-Akademie und PNF-Instruktorin. Renata Horst hat Weiterbildungen unter anderem in den Bereichen motorisches Lernen und Orthopädische Manuelle Therapie (OMT).
info@renatahorst.de



Tarek Elsherif

Er ist Physiotherapeut (B.Sc.) und war bis 2017 im Klinikum Bad Hall beschäftigt (Rehabilitation für Neurologie und Kardiologie). Seit 2021 ist er Instruktor der NAP-Akademie für Neuroorthopädische Aktivitätsabhängige Plastizität (N.A.P.) und Manuelle Schlucktherapie. Derzeit studiert er an der Universität Krems Neurophysiotherapie (M.Sc.).
tarek.elshef@gmx.at

