

Rehabilitation nach einem Locked-in Syndrom als Folge einer Basilaristhrombose unter besonderer Berücksichtigung der nachklinischen Phase am Beispiel von Gangübungen

K.-H. Pantke

LIS e.V. Geschäftsstelle im Ev. Krankenhaus Königin Elisabeth Herzberge gGmbH, Berlin

Zusammenfassung

Die Rehabilitation der motorischen Einschränkungen einer Patientengruppe mit dem Locked-in Syndrom nach einer Basilaristhrombose wird untersucht. Trotz intensiver Behandlung in Kliniken erreicht von 13 Patienten gerade einmal gut die Hälfte die Reha-Phase C. Bei Patienten mit einem hohen Barthel-Index wurde früh mit der Rehabilitation begonnen und lange therapiert (Ø 21 Monate für Barthel-Index ≥ 30 , Ø 12 Monate für Barthel-Index < 30). Diese Zahlen verdeutlichen die Notwendigkeit einer Langzeitrehabilitation.

Bei einem Patienten (Barthel-Index = 80), bei dem der Infarkt mehr als 10 Jahre zurückliegt, wurde über einen Zeitraum von fünf Monaten 2–3 Stunden täglich das Gehen auf verschiedenen Strecken trainiert, wobei verschiedene Hilfsmittel zum Einsatz kamen. Trotz des sehr lange zurückliegenden Infarktes konnten sehr gute Erfolge erzielt werden, die einer exponentiellen Gesetzmäßigkeit gehorchen. Eingehend wird die Rolle des »Rollators«, der orthopädischen Schuhe und des Stehpultes bei den Fortschritten untersucht.

Schlüsselwörter: Rehabilitation, Locked-in Syndrom, Basilaristhrombose, Gangtraining

Motor rehabilitation of patients with heavy palsies caused by a thrombosis of the A. Basilaris

K.-H. Pantke

Abstract

Subject of research was the motor rehabilitation of patients with heavy palsies caused by a thrombosis of the A. Basilaris. In spite of intensive treatment at the hospital a half of 13 patients only reaches phase C of rehabilitation. Patients with high scored Barthel-Index were cured early and got therapy for a long while (Ø 21 months for BI ≥ 30 , Ø 12 months for BI < 30). These data demonstrate the necessity of long-time rehabilitation.

One single patient (BI = 80) who had suffered an infarct of the A. Basilaris more than 10 years ago trained walking various distances with several supporting instruments for 2–3 hours a day for five months. The results were very well, following an exponential order in spite of the long time passed by since the infarct. The importance of the supporting instruments for progression in rehabilitation was examined intensively.

Key words: rehabilitation, locked-in syndrome, thrombosis of the A. basilaris, training of walking

© Hippocampus Verlag 2009

Einleitung

Als Locked-in Syndrom bezeichnet man einen Zustand, bei dem der Patient von den Augen abwärts vollständig gelähmt ist; auch Schlucken und Sprechen sind nicht mehr möglich, viele Patienten müssen beatmet werden [7]. Ein solches Syndrom kann als Folge eines Schlaganfalls im Stammhirn,

verursacht durch eine Thrombose der Arteria basilaris, auftreten. Der Begriff Locked-in Syndrom wurde erst in den Sechziger Jahren des Zwanzigsten Jahrhunderts geprägt [14]. Davor wurden Betroffene oft als bloße Körperhülle des ehemaligen Menschen ohne Emotionen und Regungen gesehen. Trotz der offensichtlichen Schwierigkeiten der Mitteilung gibt es seit jüngerer Zeit eine ganze Reihe von

eindrücklichen Berichten betroffener Personen [2, 10, 11, 13, 16, 18]. Der Zustand ist transient, über eine Verbesserung durch Rehabilitation wird häufig berichtet [3, 8, 17].

Ein Patient, der unter dem Locked-in Syndrom leidet, ist aller seiner motorischen Fähigkeiten beraubt. Dieser quasi gemeinsame Nullpunkt, den alle Locked-in-Patienten gemeinsam haben, mag der Grund sein, warum hierdurch eine Gruppe von außergewöhnlicher Homogenität entsteht. Hinzu kommt, dass die seelische und intellektuelle Persönlichkeit der Betroffenen vollständig erhalten bleibt. Die Betroffenen sind – und das gilt für alle von uns untersuchten Personen – hochmotiviert und sehr konzentriert, wenn es um die Überwindung ihrer motorischen Einschränkungen geht. Das alles sind natürlich ganz wichtige Voraussetzungen auch dieser Studie. Diese Gegebenheiten haben dazu geführt, dass mit dem vorliegenden guten Datenmaterial bereits zwei Untersuchungen zum Locked-in Syndrom durchgeführt werden konnten [1, 12]. Deshalb erschien es sinnvoll, weitere Daten zu sammeln, um den Zusammenhang zwischen Übungsintensität und Rehabilitationserfolgen speziell für das Gangtraining zu belegen.

Außerdem sind die Arbeiten [1, 12] Hinweise, dass eine Basilaristhrombose sich besonders gut eignet, um Rehabilitationskonzepte die das Gehirn betreffen, zu untersuchen. Während *Arsalan* et al. [1] motorische Parameter, beschrieben durch den Barthel-Index, gut mit logopädischen Parametern, in Form des Frenchay-Dysarthrie-Tests, verknüpften, ließ sich der Barthel-Index aus Therapielänge und -beginn präzise mathematisch errechnen [12]. Wahrscheinlich ist hierfür die Ausschaltung der Plastizität des Gehirns verantwortlich. Jede Störung im System, z. B. durch einen Schlaganfall oder einen Unfall, setzt sofort eine Gegenreaktion in gang, um den ungestörten Ausgangszustand des Gehirns wieder herzustellen. Findet gleichzeitig eine Rehabilitation statt, so lässt sich natürlich deren Wirksamkeit nur schwer von der spontanen Plastizität des Gehirns unterscheiden.

Die Basilaristhrombose weist als Erkrankung des Gehirns die Besonderheit auf, dass dabei das Großhirn unbeschädigt bleibt aber sämtliche Bahnen unterbrochen sind, die die motorischen Impulse weiterleiten. Da alle Bahnen zerstört sind, besteht keine Ausweichmöglichkeit auf intakte Verbindungen und vermutlich kann deshalb die Plastizität des Gehirns nur wenig ausrichten.

Patienten und Methoden

Formalismus zur Beschreibung der Rehabilitation [12]

Für Patienten nach einer Basilaristhrombose kann der Barthel-Index BI aus dem Intervall zum Ereignis am Anfang (t_1) bzw. am Ende (t_2) der Rehabilitation auf sehr einfache Weise beschrieben werden:

$$1) \quad BI \propto (t_2 - t_1) / t_1 \approx t_2 / t_1, \quad t_1 \text{ sehr viel kleiner } t_2$$

Die Formel 1) lässt sich gut anhand der klinischen Daten nachprüfen und zeigt, dass ein Patient, bei dem verspätet

mit der Rehabilitation begonnen wurde, zukünftig verlangsamt in seiner Entwicklung sein wird. Diese Entwicklung bedingt, dass am Schluss der klinischen Rehabilitation nur ein sehr niedriger Barthel-Index [9] erreicht wird. Es soll jedoch gezeigt werden, dass Defizite durchaus in der nachklinischen Rehabilitation ausgeglichen werden können. Zu einer weitergehenden Interpretation formen wir obigen Zusammenhang zu Formel 2) um:

$$2) \quad BI \propto t_2 / t_1 = \ln(t_2) - \ln(t_1)$$

Die Differenz der Logarithmusfunktionen im zweiten Teil der Gleichung entspricht jetzt gerade den Neuronen, die wieder funktionstüchtig während der Rehabilitation werden. t_1 im ersten Teil der Gleichung beschreibt wie ein verzögerter Rehabilitationsbeginn die ganze weitere Entwicklung bremst. Es werden zwar Fortschritte während der Länge der Rehabilitationszeit t_2 beobachtet, jedoch sind diese durch den Faktor t_1 verringert, d. h. durch die Zeitspanne bis zur Aufnahme der Rehabilitation.

Es ist fraglich, ob ein Barthel-Index ≥ 80 überhaupt noch ein geeignetes Instrumentarium liefert, um den Gesundheitszustand der Patienten im Sinne einer wissenschaftlichen Wertung zu beschreiben. Sicher ist nur, dass der Barthel-Index für die vorliegende Patientengruppe eine Intervallskala bildet, was Voraussetzung für die später durchgeführten mathematischen Operationen ist.

Betrachtet man den oben entwickelten Formalismus näher, so zeigt sich, dass hiernach einige Jahre nach dem Infarkt der Behandlungserfolg stark gesunken ist. Die Praxis zeigt jedoch etwas anderes. Durchaus größere Erfolge können erzielt werden, falls ein mehrstündiges tägliches Training stattfindet. Es werden weiterhin Fortschritte beobachtet, die sich formal nach Formel 2) beschreiben lassen, wobei für t_1 einfach der Beginn der Maßnahme einzusetzen ist. Damit vereinfacht sich Formel 2) zu Formel 3):

$$3) \quad \text{Fortschritte} \propto \ln(t_2) = e^{-t_2}$$

Formal besagt Gleichung 3), dass die Fortschritte entsprechend einer Exponentialfunktion mit der Zeit geringer werden.

Phase C der Rehabilitation

Bei der Frührehabilitation setzt man sich das mittelfristige Ziel, mindestens die Phase C zu erreichen, damit überhaupt mit einer möglichen Wiederherstellung begonnen werden kann. Diese Phase charakterisiert sich durch folgende Anforderungen [5]: Der Patient muss teilmobilisiert, kommunikations- und interaktionsfähig sein. Außerdem muss er für die Rehabilitationsmaßnahmen ausreichend belastbar und ausreichend psychisch motiviert sein. Dies wird durch einen Barthelindex ≥ 30 ausgedrückt. (s. Abb. 1 in [12]) Wir werden sehen, dass bei Patienten mit einem so schwerwiegenden Krankheitsbild wie dem Locked-in Syndrom überhaupt nur die Hälfte die Phase C erreicht.

Patienten

Klinische Phase

Große Sorgfalt wurde auf die Auswahl der Patienten verwendet, mit dem Ziel, eine außergewöhnlich homogene Gruppe zu erhalten. In einem ersten Schritt wurden 32 Mitglieder von LIS e.V. angeschrieben, von denen bekannt war, dass sie in der Vergangenheit eine Basilaristhrombose erlitten hatten. Der Rücklauf war mit fast 80 % relativ hoch.

Nr.	Datum des Infarktes	m/w, Alter [Jahre]	Therapiebeginn T ₁ [Tage]	Länge des Klinikaufenthaltes T ₂ [Tage]	Beobachter Index	Berechneter Index
15	3. Mai 2000	m 59	152,5 (5 M.)	45,5 (1,5 M.)	-12	-
13	Mai 2000	m 62	49 (7 W.)	213,5 (7 M.)	-6	-17
12	2. Nov. 1998	m 46	ca. 70 (ca.10 W.)	518,5 (17 M.)	2	-10
11	Okt. 1998	w 42	ca. 30 (0-2 M.)	730 (2 J.)	15	13
6	Aug. 1998	w 17	30,5 (1 M.)	730 (2 J.)	40	26
10	20. Mai 1997	m 35	ca. 55 (ca. Juli)	ca. 300 (ca. 300 T.)	25	35
3	Juli 1996	m 26	6-30,5 T. (s. Anmerk.)	396,5 (13 M.)	75	65
2	März 1995	m 39	10 (10 T.)	912,5 (2,5 J.)	80	84
4	26. Okt. 1994	w 38	? (sofort)	730 (2 J.)	65	-
5	6. Mai 1994	m 43	14 (14 T.)	1095 (3 J.)	55	72
1	Sept. 1993	m 29	- (3-4 W.)	427 (14 M.)	95	-
9	April 1990	m 44	-	-	25	-
14	28.11.1988	w 19	150 (27.04.89)	427 (14 M.)	-12	-21
7	Okt. 1986	w 17	21 (3 W.)	182,5 (6 M.)	30	20
8	1. Dez. 1982	w 26	-	-	25	-

Tab. 1: Ausgewählte Patienten der Umfragen. Fünfzehn in die engere Wahl gekommene Patienten, die angeben eine Basilaristhrombose gehabt zu haben. Der Index wird aus dem Frühreha- bzw. Barthel-Index bestimmt (siehe Text). *Patient 1* wurde nicht für die Abschätzung berücksichtigt, weil die Einschätzung nach verschiedenen neurologischen Skalen zu Widersprüchen führt. *Patient 3* wurde vor Beginn der Rehabilitation für dreieinhalb Wochen in das künstliche Koma versetzt und hat nach einem Monat Therapie erhalten. *Patient 4* wurde nicht für die Abschätzung berücksichtigt, weil unklar ist, wie die Zeitangaben weiter zu behandeln sind. Bei *Patientin 8* wurde der Frührehaindex nach persönlicher Begutachtung aufgehoben. Sie wurde überhaupt nicht berücksichtigt, weil weitere Nachforschung ergeben, dass die Rehabilitation größtenteils in der DDR durchgeführt wurde. *Patient 9* wurde überhaupt nicht berücksichtigt, weil sich in den ärztlichen Unterlagen trotz intensiver Nachforschung kein Hinweis auf eine Basilaristhrombose finden läßt. *Patient 15* wurde nicht für die Abschätzung berücksichtigt, weil er bei einer späteren Umfrage nicht mehr auffindig gemacht werden konnte, sodass keine ärztlichen Unterlagen nicht vorlagen.

Neben der Diagnose, dem Geschlecht, Alter, Therapiebeginn und Länge des Klinikaufenthaltes, wurden detailliert die motorischen Fähigkeiten abgefragt. Hierzu wurden gesondert Bögen verschickt, auf denen Fragen zum Barthelindex und seiner Erweiterung für den Frührehabereich [15] gestellt sind. Alle Patienten erhielten Physiotherapie, Ergotherapie und Logopädie.

Aufgrund der Patientenangaben sowie der ärztlichen Unterlagen fand eine rigorose Auswahl statt. Ausschlusskriterien waren z. B. eine unklare Diagnose, weitere Erkrankungen oder die Behandlung mit einer Lyse. (s. auch Tab. 1) Durch die kriterienreiche Auswahl sind von den ursprünglich 24 Patienten 13 für die weitere und sogar nur 10 für die numerische Auswertung übrig geblieben. Eine statistische Behandlung ist zwar bei so einer geringen Gruppenstärke noch möglich, jedoch könnte diese zu Ergebnissen führen, die durch »Ausreißer« dominiert werden. Weitere Details bezüglich der Auswahl können [12] entnommen werden. Selbstverständlich wurde die Gültigkeit der Abschätzung $(t_2 - t_1)/t_1 \approx t_2/t_1$ nachgeprüft. Für die sieben geringsten Werte ergibt sich eine durchschnittliche Abweichung von 6%. für die drei schlechtesten eine von 25%. Wir können gut damit umgehen, da die Selbsteinschätzung nach dem Barthel-Index allein mit einem Fehler von 10-20% behaftet sein sollte.

Nachklinische Phase

Zur Betrachtung der nachklinischen Rehabilitation bieten sich die Einschränkungen beim Sprechen und bei der Fortbewegung an. Leider war es nicht mehr möglich, dafür eine kleine Gruppe zusammenzustellen, sodass auf die Beschreibung eines Einzelfalles zurückgegriffen werden muss. Folgende Gründe lassen sich hierfür angeben:

- 1) Für die dysarthrischen Patienten hat der Verein ein eigenes Rehabilitations- und Trainingsprogramm ins Leben gerufen. Leider liegen noch keine verwertbaren Daten vor.
- 2) Bei den Einschränkungen des Bewegungsapparates kommen für ein nachklinisches Projekt nur Patienten mit einem Barthelindex >50 infrage. Außerdem müssen sie bereit und in der Lage sein, nach Berlin zu kommen, sowie keine Fortschritte erzielt haben, die nicht dokumentiert worden sind.

Berücksichtigt man alle diese Kriterien kommt lediglich ein einziger Patient für die weitere Untersuchung in Betracht: Herr P. mit einem Barthelindex von 80. Herr P. erlitt vor 10 Jahren eine Basilaristhrombose mit einem Locked-in Syndrom. Als Residuum bestand eine linksbetonte Tetraparese mit Pusher Symptomatik nach rechts. Der Körperschwerpunkt war nach rechts verlagert. In dieser Schräglage konnte vor Beginn des nachklinischen Rehabilitationsprogramms maximal eine Strecke von wenigen hundert Meter am Stock zurückgelegt werden.

Ergebnis

Rehabilitation – Klinische Phase

Trägt man Barthel- und Frühreha-Index über der Länge des Klinikaufenthaltes auf, so sieht man deutlich einen Trend: Je länger der Klinikaufenthalt, umso größer der Barthel-Index (siehe Abb. 1). Die Unterschiede von Patient zu Patient sind jedoch riesig und werden fälschlicherweise in Zusammenhang mit der individuellen Entwicklung gebracht. Das dem nicht so ist, können wir dem oberen Inset von Abb. 1 entnehmen. In einer halblogarithmischen Darstellung ist dort der Barthel- und Frühreha-Index über dem Rehabilitationsbeginn aufgetragen, wobei jede Einschränkung des Frühreha-Index mit jeweils sechs Zählern berücksichtigt wird. Entsprechend Formel 2) ist eine Gerade zu erwarten, was in guter Näherung erfüllt ist. Der untere Inset in Abb. 1 zeigt den Quotienten *Aufenthalt in der Klinik zu Therapiebeginn*. Auch diese Abhängigkeit lässt sich entsprechend Formel 1) durch eine Gerade approximieren.¹

Es sei nochmals auf den prädikativen Charakter der Ergebnisse hingewiesen. Patient Nr. 3 wurde für dreieinhalb

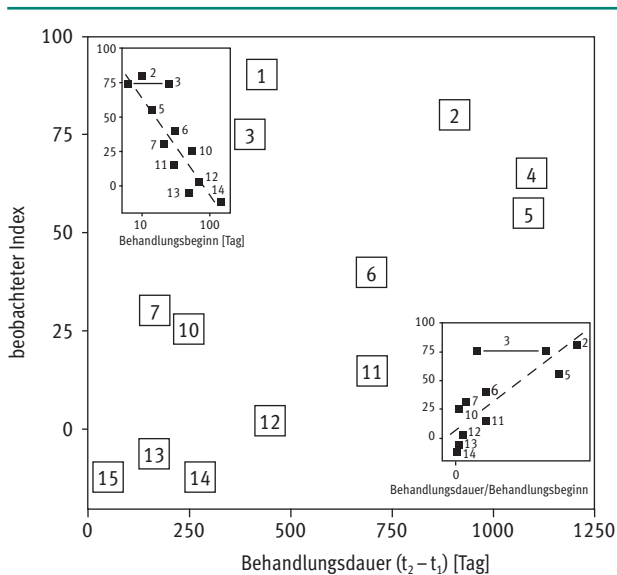


Abb. 1: Der Barthel-Index für unterschiedliche Behandlungsdauer der klinischen Rehabilitation. Die Nummerierung entspricht der aus Tabelle 1. (oberer Inset) Der Barthel-Index für unterschiedlichen Therapiebeginn der klinischen Rehabilitation. Entsprechend Formel 2) ergibt sich in halb-logarithmischer Darstellung eine Gerade. (unterer Inset) Quotienten aus Länge des Klinikaufenthaltes zu Therapiebeginn. Entsprechend Formel 1) ergibt sich ein linearer Zusammenhang (in den Insets sind drei Punkte weniger als im Hauptteil der Abbildung eingetragen, siehe auch Tab. 1.)

¹ Natürlich lässt sich die Beschreibung des Barthel-Index durch Rehabilitationsdauer und -beginn noch weiter verbessern. Die systematischen Abweichungen sind im unteren Inset von Abb. 1 an dem leicht konvexen Verlauf um den Nullpunkt ersichtliche. Die Darstellung könnte verbessert werden, wenn diese Skala, die von 0 bis +x reicht, auf eine Skala von -y bis +x abgebildet würde. Darauf wurde jedoch bewusst verzichtet, um das Verfahren transparent zu halten. (Eine bessere Beschreibung ist in [12] zu finden.)

Wochen ins künstliche Koma versetzt. Eingetragen sind zwei Werte: bei dem linksseitigen Punkt wurde diese Zeit überhaupt nicht, bei dem rechtsseitigen Punkt Zeit voll berücksichtigt. Die Lage der Punkte deutet aber darauf hin, dass das künstliche Koma nicht mitgezählt werden darf, d. h. den Therapiebeginn nicht verzögert, sondern den Gesundheitszustand stabilisiert.

Rehabilitation – Nachklinische Phase

Das Rehabilitationsprogramm dauert an Werktagen täglich ca. zwei bis drei Stunden und setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Herzstück ist das Gehen einer knapp 400 Meter langen Strecke auf glattem Untergrund in einem Flur, wobei alle 40 Meter die Zeit gestoppt wird. Diese Übung wird mehrmals täglich wiederholt und durch weitere Übungen ergänzt. Zusätzlich werden Gehübungen auf der Straße durchgeführt. Außerdem erhält der Patient dreimal wöchentlich Physiotherapie, bei der neben Mobilisation der unteren Extremitäten auch das Gehen auf dem Laufband durchgeführt wird, sowie zweimal wöchentlich Ergotherapie im häuslichen Bereich, in dem Übungen am Stehpult sowie Übungen zum Treppesteigen durchgeführt werden. Zum Einsatz kommende Hilfsmittel sind ein Rollator, orthopädische Schuhe, bei denen das Fußgelenk wegen der Lähmung des Nervus peroneus fixiert ist, wodurch der Fuß zusätzlichen Halt bekommt und ein Paar mit einer Valenser Schiene ersetzt, sowie ein Stehpult, an dem die Aufrichtung des Körpers geübt wird. An Sonn- und Feiertagen können nur Übungen auf der Straße durchgeführt werden, wodurch sich der Aufwand auf maximal eine Stunde reduziert. Hinzuzählen sind an allen Tagen die Übungen am Stehpult. Diese betragen wegen der Kreislaufschwierigkeiten des Patienten in den ersten zwei Wochen des Rehabilitationsprogramms ca. 20 Minuten, konnten dann aber auf eine Stunde gesteigert werden.

Abbildung 2 zeigt in einer dreidimensionalen Darstellung eine Auswahl der Gangversuche über 400 Meter. Angegeben sind der Tag des Rehabilitationsprogramms, die Versuchsnummer und die Zeit, die jeweils über 400 Meter benötigt wird. Deutlich ist zu sehen, wie sich die Zeiten mit der Dauer des Programms verkürzen. Zusätzlich markiert sind der Ersteinsatz der orthopädischen Schuhe (52. Tag) und des Stehpultes (121. Tag). Selbst in dieser schlecht auflösenden Darstellung ist der primäre Einsatz der Schuhe deutlich als drastische Verkürzung der Zeiten erkennbar. Zusätzlich markiert ist der 150. Tag, der ein sehr schwaches lokales Maximum markiert. Nach diesem Wert fallen die Zeiten auf ein Minimum, wobei auch die Differenz zwischen einzelnen Versuchen minimal wird. Durch eine angemessene Wahl der Schnitte in X- bzw. Y-Richtung wird der Einfluss der Hilfsmittel in den nächsten beiden Abbildungen näher demonstriert.

In Abbildung 3 werden Schnitte parallel zur x-Achse, sechs verschiedene Tage des Rehabilitationsprogramms darstellend, gelegt. Dadurch wird der Einfluss der verschiedenen Maßnahmen deutlich. Die oberen Werte für den 25. und

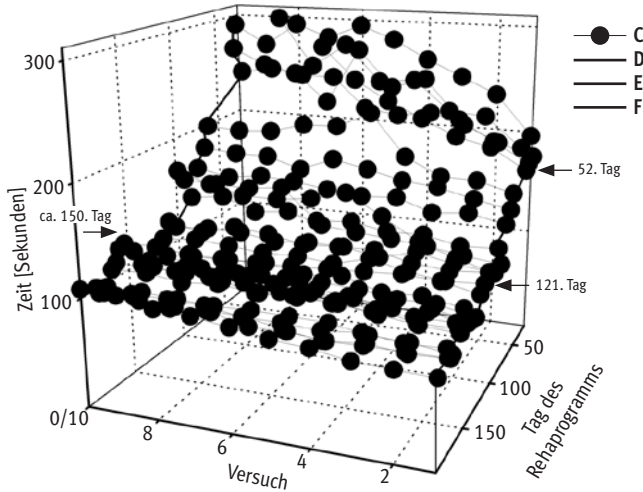


Abb. 2: Dreidimensionales Gangspektrum in der nachklinischen Rehabilitation. In x-Richtung aufgetragen ist die Nummer des Versuches und in y-Richtung der Tag des Rehabprogramms. Der 52. Tag bzw. der 151. Tag markieren den Ersteinsatz der orthopädischen Schuhe bzw. des Stehpultes. Das lokale Maximum am 150. Tag ist auf das Stehpult zurückzuführen und wird noch näher analysiert. Die Zeit wurde bei jedem Versuch nach 40 zurückgelegten Metern gemessen.

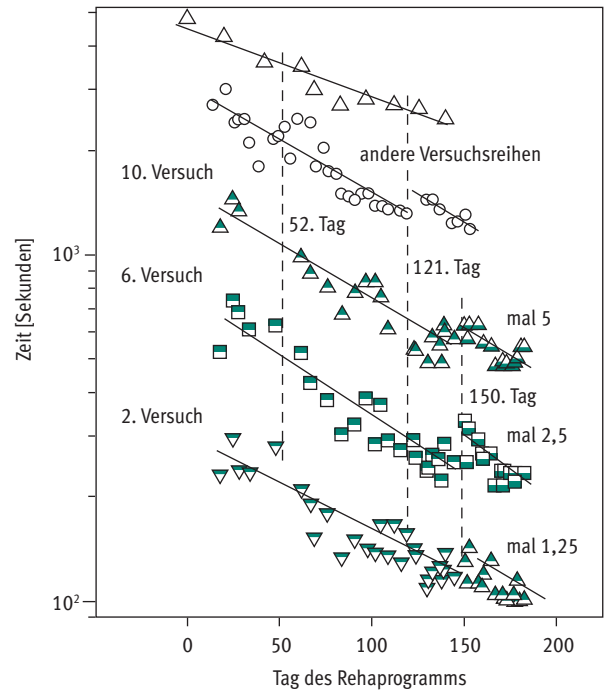


Abb. 4: Schnitte parallel zur y-Achse, bezogen auf Abb. 2.²

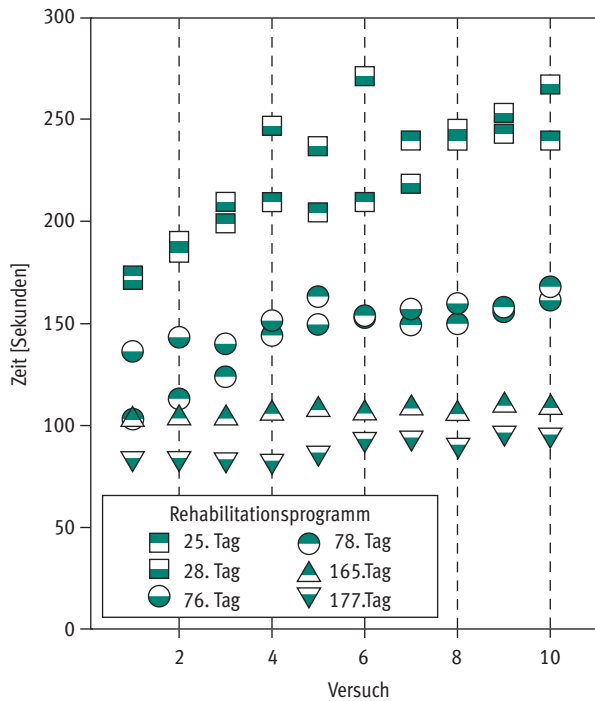


Abb. 3: Schnitte parallel zur x-Achse, bezogen auf Abb. 2, bei der Darstellung mit einer logarithmischen Skala ergeben sich (entsprechend Formel 3) Geraden.

28. Tag zeigen, dass der Patient rasch ermüdet, erkennbar an der Anordnung der Werte (stark steigend). Zu diesen Zeitpunkten standen weder orthopädische Schuhe noch das Stehpult zum häuslichen Training zur Verfügung. Am 76. und 78. Tag, als das erste dieser Hilfsmittel (Orth. Schuhe) bereits zum Einsatz kam, verläuft die Kurve deut-

lich flacher. Eine weitere Verbesserung wird am 165. und 177. Tag durch den zusätzlichen Einsatz des Stehpulttrainings erkennbar. Die Kurven verlaufen jetzt einerseits sehr flach, das heißt, es ist kaum eine Änderung von Kurve zu Kurve feststellbar, andererseits haben sich die absoluten Zeiten halbiert bis gedrittelt.

Abbildung 4 zeigt als linke Skala im Gegensatz zu Abbildung 3 eine logarithmische Verteilung.

²Biologische Messreihen unterliegen einer starken Streuung. Das ist eine Selbstverständlichkeit. Vergleicht man die drei unteren Kurven in Abb. 4 mit dem zweiten Teil der beiden oberen Kurven, so sieht man, dass dort die Streuung reduziert wurde. Die beiden oberen Kurven wurden direkt nach dem Aufstehen nach immer der gleichen Zeit an Schlaf aufgenommen, während die unteren Kurven zu verschiedenen nachmittags aufgenommen wurden. Die Kurven unterscheiden sich also durch ihre unterschiedlichen Vorgeschichten. Bei den oberen Kurven ist diese nahezu identisch, während diese bei den unteren von Tag zu Tag variiert.

Das ist ein Hinweis auf die innere Struktur des betrachteten Systems. Während einfache Systeme in Natur und Technik stabile Zustände annehmen, die in eher seltenen Fällen auch bistabil (ein Beispiel für ein bistabiles System ist ein Elektromagnet, bei dem die Magnetisierung von der Vorgeschichte des Systems abhängt und zwei Werte annehmen kann [Hysterese]). sein können, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es sich bei dem System »Gehen« um ein multistabiles System handelt. Ein multistabiles System ist ein System, in dem der aktuelle Zustand von den Vorgeschichten abhängt. Im konkreten Fall bedeutet dies, dass die Streuung der Zeiten auf die verschiedenen Vorgeschichten zurückzuführen ist. Auch diese Erkenntnis sieht auf den ersten Blick trivial aus, doch ist zu bedenken, dass ein multistabiles System einem strengen Determinismus folgt. Damit ist so ein System zu unterscheiden von einem System, das zufällig verschiedene Zustände annehmen kann. Für einen Beobachter, der die Vorgeschichten nicht kennt, sind ein multistabiles System und ein zufällig operierendes System ununterscheidbar. Da es gelingt, die Streuung zu verringern, indem nahezu identische Vorgeschichten erzeugt wurden, können wir zufällige Schwankungen weitergehend ausschließen.

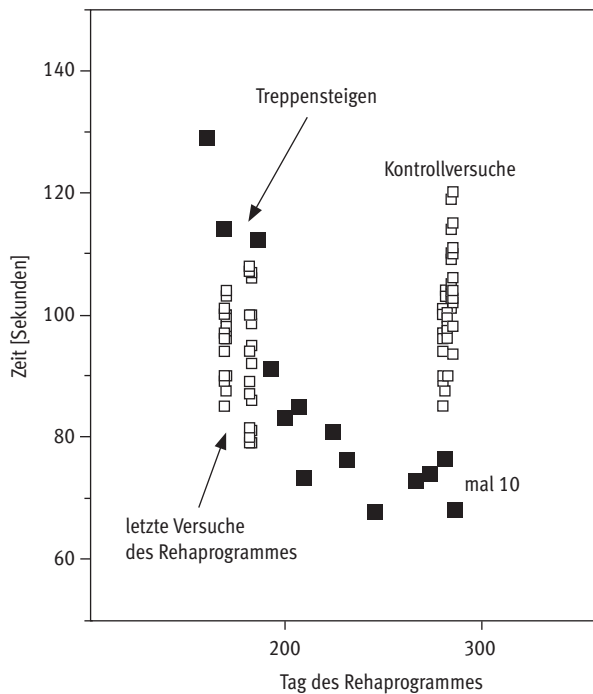


Abb. 5: Kontrolle. Dargestellt sind die letzten Versuche des Programms sowie später durchgeführte Kontrollversuche (jeder Punkt bezeichnet die gestoppte Zeit für 40 Meter). Außerdem wird die Verbesserung beim Treppensteigen, die gegen Ende des Programms gemessen wurde, dokumentiert.

Der Einfluss einer bestimmten Maßnahme (häusliches Stehpulstraining) wird hier im steten Parallel zur y-Achse sichtbar. Obwohl die drei unteren Kurven eine sehr starke Streuung der Messwerte zeigen, kann auch in der Kurve einer anderen Versuchsreihe eine vergleichbare Verteilung festgestellt werden. Das Besondere an dieser Versuchsreihe ist die kleine Streuung der gemessenen Streckenzeiten (s. Fußnote 2) in einem fortgeschrittenen Stadium. Die einzelnen Versuche in dieser Reihe (2. Kurve von oben) wurden immer unter fast identischen Bedingungen aufgenommen (Messungen gleich nach dem Aufstehen nach einer gleichen Anzahl Stunden Nachtruhe). Die beim zweiten, sechsten und zehnten Versuch (1., 2. und dritte Kurve von unten) in fortgeschrittenem Stadium auftretenden Verteilungen zeigen ebenfalls einen Anstieg der gemessenen Streckenzeiten, allerdings in einem etwas anderen Gesamtstadium des Rehabilitationsprogramms.

Selbstverständlich wurde der Patient nach Beendigung des Rehabilitationsprogramms weiter beobachtet. In Abbildung 5 werden die letzten Versuchsreihen des Rehabilitationsprogramms und die einige Monate später durchgeführten Kontrollversuche dargestellt. In der Zwischenzeit war nicht geübt worden. Die Kontrollversuche ergaben eine leicht verschlechterte Leistung in Bezug auf die Zeit zur Bewältigung derselben Aufgabe. Andererseits konnte ein Leistungszuwachs bei einer bestimmten Leistung (Treppensteigen) festgestellt werden, der sich sehr abgeschwächt auch in der Übungspause des Versuchsprogramms fortsetzte.

Diskussion

Rehabilitation – klinische Phase

In einer ersten Analyse vergleichen wir die Länge des Krankenhausaufenthaltes von Patienten, die die Phase C (Barthel-Index ≥ 0) erreichen, mit denen, die nicht so weit kommen (Barthel-Index < 30), wodurch die ursprüngliche Gruppe von 13 Patienten in zwei nahezu gleichstarke geteilt wird. Die Gruppenmitglieder mit besserem Gesundheitszustand werden durchschnittlich 21 Monate in Kliniken behandelt, jene mit schlechterem nur 12 Monaten. In Zeiten knapper Kassen sind Aufenthalte dieser Länge nicht mehr durchsetzbar. Faktisch bedeutet dies, dass die Langzeitrehabilitation von einer außerklinischen Einrichtung geleistet werden muss, um auch diesen Patienten die Rückkehr in ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen.

Aus der Länge und dem Beginn der klinischen Rehabilitation kann recht gut der outcome der Rehabilitation, wie er durch den Barthel-Index beschrieben wird, vorherbestimmt werden. Auch wenn in dieser Veröffentlichung der Barthel-Index nur bis auf einen Proportionalitätsfaktor bestimmt wird (siehe Abb. 1), so zeigt eine detaillierte Analyse, dass mindestens ein zweijähriger Klinikaufenthalt sowie ein rascher Therapiebeginn notwendig ist, um einen Barthel-Index größer 80 zu erreichen [12]. Leider wird in Zeiten sogenannter Gesundheitsreformen ein Klinikaufenthalt dieser Länge nicht mehr gewährt. Noch ein Wort zur Untersuchungsmethode: Mancher sieht hier vielleicht den behandelnden Arzt zum Erfüllungsgehilfen einer mathematischen Arithmetik degradiert. Das ist natürlich nicht beabsichtigt. Auch ist dem entgegenzuhalten, dass vorliegendes Ergebnis nur erzielt werden konnte, weil eine extrem homogene Gruppe beobachtet wurde, die sich gerade in dieser Eigenschaft von jeder Patientengruppe unterscheidet, die vom Arzt gemeinhin im klinischen Alltag behandelt wird.

Rehabilitation – nachklinische Phase

Hauptproblem von Herrn P. beim Gehen ist die Schiefelage des Körpers. Durch den Einsatz eines Rollators sowie eines Stehpultes wird versucht ein mehr symmetrisches Gangbild zu erzeugen. Diese Hilfsmittel werden ergänzt durch ein Paar orthopädische Schuhe.

Bevor wir die einzelnen Elemente diskutieren, geben wir den outcome des ca. fünfmonatigen Programms an. Vor dessen Start benötigte der Patient für die Strecke von 400 Metern ein bis anderthalb Stunden. Wegen der damit verbundenen Erschöpfung wird selbst für solch relativ kurzen Strecken häufig der Rollstuhl benutzt. Nach Beendigung des Programms ist es möglich dieselbe Strecke in einer knappen Viertelstunde zurückzulegen. Quantitativ ist die Verkürzung der Zeiten auch Abbildung 2 zu entnehmen, wobei zu bedenken ist, dass diese sich auf die Distanz von 40 Metern unter Benutzung des Rollators bezieht. Obwohl die gesammelten Daten noch kein Ende der Verbesserung absehen lassen, musste das Programm wegen eines heftigen

Wintereinbruches und schwerer Krankheit des Patienten für einige Monate ausgesetzt werden, sodass der outcome nach weiteren Monaten der Rehabilitation eventuell noch höher liegen dürfte.

Diese starken Verbesserungen können durch den Barthel-Index nicht sichtbar gemacht werden. Er zeigt konstant 80 Zähler an, woraus man schließen könnte, es habe gar keine Verbesserung stattgefunden. Wir müssen uns eine eigene neurologische Skala definierten. Hierzu geeignet wäre als lineare Skala der Logarithmus der reziproken Zeit, welche der Patient benötigt, um eine bestimmte Strecke zurückzulegen.

Die Fortschritte verlaufen entsprechend Formel 3 nach einer Exponentialfunktion. Dieser Zusammenhang kann nachgeprüft werden, indem nämlich die Daten nach dem Auftrag in einer logarithmischen Skala eine Gerade bilden, wie dies aus Abbildung 4 ersichtlich ist.

Obwohl es nicht möglich ist, aus dieser Arbeit den Anteil der einzelnen Maßnahmen am Gesamterfolg zu quantifizieren, kann deren qualitativer Beitrag sehr wohl sichtbar gemacht werden.

Alle Maßnahmen auf einen Blick sind in Abbildung 3 zu finden. Bei den beiden oberen Messreihen wurde lediglich der Rollator benutzt. Die Maßnahme wird dann ergänzt durch die orthopädischen Schuhe (mittlere Kurven) sowie das Stehpult (untere Kurven). Diese sechs Kurven demonstrieren sehr eindrucksvoll den Erfolg der verschiedenen Hilfsmittel. Von oben nach unten betrachtet werden die Kurven zusehends glatter und flacher. Das bedeutet, dass das Gehen sich immer mehr stabilisiert und gleichzeitig immer schneller wird.

Der Einfluss der orthopädischen Schuhe wird auch im Übersichtsspektrum Bild 2 ersichtlich. Wir sehen, wie sich die Zeiten deutlich mit dem Ersteinsatz der Schuhe am 52. Tag verkürzen, erkenntlich als Stufe in dem Spektrum. Der Einfluss des Stehpultes wird zusätzlich in Abb. 4 sichtbar. Während das Aufreißen der Kurven bei den drei unteren Kurven nur wenig von der Streuung unterscheidbar ist, gibt es bei der zweiten Kurve von oben, bei der die Streuung sehr klein ist, keinen Zweifel. Wir wissen nicht, wie der Verlauf ohne Stehpult aussehen würde. Denkbar wäre, dass ohne Stehpult wegen der Schiefelage des Patienten, die Kurven in die Horizontale übergehen könnten, d.h. keine weiteren Fortschritte zu verzeichnen wären.

Das »Aufreißen« der Kurven in Abbildung 4 findet zu verschiedenen Zeiten, aber in ungefähr gleicher Stärke statt. Die Differenz zwischen oberer Kurve und den drei unteren Kurven beträgt fast 30 Tage. Verantwortlich hierfür sind wahrscheinlich die etwas unterschiedlichen Versuchsbedingungen. Bei der oberen Kurve wird das Gehen auf unebenen Untergrund statt, an dem der Fuß leicht hängen bleiben kann, dargestellt. Selbst eine geringfügige Aufrichtung des Körpers, hat ein Anheben des Fußes und eine anfängliche Verlangsamung zur Folge. Im Gegensatz dazu findet das Gehen bei den drei unteren Kurven auf glattem Untergrund statt. Eine geringfügige Aufrichtung des Körpers hat lediglich zur Folge, dass der Fuß etwas mehr über den Boden

schleift. Erst mit merklicher Aufrichtung kommt es zu einer Verlangsamung.

Allgemeine Bemerkungen

Die vorliegende Arbeit kann jedoch als Hinweis darauf gedeutet werden, dass es ganz verschiedene Arten von Rehabilitation gibt. Dies liegt nahe, insbesondere in dem Fall, in denen ein Patient beide Rehabilitationsphasen durchlaufen hat. Wahrscheinlich geht es bei der als klinische Rehabilitation bezeichneten Behandlung um die Wiedergewinnung verlorengangener Fähigkeiten und – darauf deuten eigene Arbeiten [12] – um die Reparatur betroffener Hirnareale. Die nachklinische Rehabilitation hingegen übt eventuell ganz neue Fähigkeiten ein.

Abbildung 5 demonstriert, dass die in der nachklinischen Phase dokumentierten Fortschritte auf das Übungsprogramm zurückzuführen sind. Üben, üben und das mehrere Stunden täglich, nur so können Fortschritte erzielt werden. Die hochsignifikanten Verbesserungen sind wahrscheinlich auf das »repetitive Training«, einer häufigen Wiederholung gleichförmiger Bewegungen, wie das in [3] für das Gehen beschrieben wird, zurückzuführen.

Das Locked-in-Syndrom ist eine sehr schwere Erkrankung [6]. Sie ist aber auch ein Gradmesser für den Zustand unserer Gesellschaft. An ihr zeigt sich, ob es sich bei dem gesellschaftlichen Zusammenleben um ein Miteinander, oder ein durch eher wirtschaftliche Interessen geprägtes Nebeneinander handelt.

Literatur

1. Arsalan N, Scharbert G, Pantke KH. Ergebnisse einer Untersuchung der Dysarthrie bei Patienten nach dem Locked-in-Syndrom als Folge einer Thrombose der A. basilaris – Über mögliche Relationen von Frenchay-Dysarthrie-Test und Barthel-Index sowie gemeinsame Bewegungsprogramme. Wird veröffentlicht
2. Bauby JD. Schmetterling und Taucherglocke. Paul-Zsolnay-Verlag, Wien 1997.
3. Bauer C, Gerstenbrand F, Rimpl E. Varieties of the Locked-in-Syndrom. J. Neurol. 1979; 221: 77-91.
4. Hesse S, Bertelt C, Jahnke M, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, Mauritz KH. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. Stroke 1995; 26: 976-981.
5. Hummelsheim H. Neurologische Rehabilitation. Springer-Verlag, Berlin 1998.
6. Kübler A, Weber C, Birbaumer N. Locked-in – freigegeben für den Tod. Wenn nur Denken und Fühlen bleiben – Neuroethik des Eingeschlusenseins. Z. für med. Ethik 2006; 52: 57-70.
7. Laureys S, Pellas F, van Eeckhout Ph, Ghorbel S, Schnakers Ch, Perrin F, Berré J, Faymonville M-E, Pantke K-H, Damas F, Lamy M, Moonen G, Goldman S. The locked-in syndrome: what is it like to be conscious but paralyzed and voiceless? Progress in Brain Research 2005; Vol. 150: 495-511.
8. Markus E, Reber A. Rehabilitationsverlauf bei Patienten mit Locked-in-Syndrom. Rehabilitation 1992; 31: 85-90.
9. Masur H. Skalen und Scores in der Neurologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart u. New York 2000.
10. Müller G. Im Reich der Halluzinationen – Gefangen im ich nach dem Schlaganfall. Selbstverlag, Berlin 2002.
11. Pantke KH. Locked-in – Gefangen im eigenen Körper. Mabuse-Verlag, Frankfurt 1999

12. Pantke KH Das Locked-in Syndrom nach einer Basilaristhrombose: Evaluation motorischer Einschränkungen (Umfrage) sowie deren Bewertung durch neurologische Skalen. *Neurol Rehabil* 2006; 12 (1): 14-21.
13. Pantke KH, Knoop F. Das Locked-in Syndrom in der Literatur. *Metamorphose 1*, LIS e.V., Berlin 2000.
14. Plum F, Posner JB. *The Diagnosis of Stupor and Coma*. Davis, Philadelphia 1966.
15. Schönle, PW. Frühe Phasen der Neurologischen Rehabilitation: Differentielle Schweregradbeurteilung bei Patienten in der Phase B (Frührehabilitation) und in der Phase C (Frühmobilisation/Postprimäre Rehabilitation) mit Hilfe des Frühreha-Barthel-Index (FRB) In: *Neurol Rehabil* 1 (1996), 21-25.
16. Tavalaro J, Tayson, R. *Bis auf den Grund des Ozeans*. Herder Verlag, Freiburg 1998.
17. Vabezudo JM, Olabe J, Lopez-Anguerra A, Bacci F. Recovery from locked-in Syndrome after Posttraumatic Bilateral distal vertebral artery occlusion. *Surg Neurol* 1986; 25: 185-190.
18. Vigand P, Vigand S. *Verdammte Stille*. Heyne Verlag, München u. Zürich 1998.

Danksagung:

Gedankt sei dem *Evangelischen Krankenhaus Königin Elisabeth Herzberge (KEH)* zu Berlin, indem sich die Geschäftsstelle des Vereines befindet. Weiterhin danke ich *PD Dr. Leopold Gutjahr* und *Gudrun Mrosack* für hilfreiche Diskussionen. Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei *Gerhard Scharbert*, M. A. für seine stetige Diskussionsbereitschaft und die Hilfestellung bei der Aufbereitung der Daten. Bei *Marita Störim* bedanke ich mich für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes und die Hilfestellung bei einem Teil des Übungsprogramms.

Interessenvermerk:

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Dr. rer. nat. Karl-Heinz Pantke
LIS e.V.
Geschäftsstelle im Ev. Krankenhaus Königin Elisabeth Herzberge
Haus 30
Herzbergstraße 79
10365 Berlin
E-Mail: Pantkellis@arcor.de