

Ambulantes Lokomat-Training bei inkompletter Paraplegie

Eine Fallstudie

Carla Fringer



Noah Stierli



Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie

Studienjahr: 2019

Eingereicht am: 28.04.2022

Begleitende Lehrperson: Dr. Eveline Graf

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

Abstract DE	1
Abstract EN	2
1 Einleitung.....	3
1.1 Problemdarstellung	3
1.2 Zielsetzung und Fragestellung	4
1.3 Hypothese	4
2 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	5
2.1 Anatomie der Wirbelsäule.....	5
2.2 Anatomie des Rückenmarks.....	7
2.3 Querschnittlähmung.....	8
2.3.1 Geschichte.....	9
2.3.2 Inzidenz und Ursache.....	10
2.3.3 Entstehung.....	11
2.3.4 Lähmungstypen	11
2.3.5 ASIA-Klassifikation	12
2.3.6 Physiotherapeutische Relevanz.....	13
2.4 Lokomat.....	14
2.4.1 Entstehung des Lokomats.....	14
2.4.2 Lokomat und seine Funktionen.....	16
2.4.3 Hilft das Training auf dem Lokomat?	17
2.5 Revigo	20
2.6 Assessments	20
2.6.1 10-Meter-Gehtest	20
2.6.2 Timed Up and Go Test.....	22
3 Methode und Ausgangslage.....	23
3.1 Fallstudie	23
3.2 Angaben zum Probanden und Trainingsplan.....	23
3.3 Datenerfassung und Verarbeitung.....	25

3.4	Auswahl Assessments	25
4	Resultate	27
5	Diskussion	29
5.1	Interpretation der Ergebnisse	29
5.2	Einflussfaktoren.....	30
5.2.1	Heilungschancen.....	30
5.2.2	Kolonkarzinom.....	31
5.2.3	Weitere Nebendiagnosen.....	32
5.3	Unterschied Resultate von 10MWT und TUG.....	33
5.4	Vergleich mit anderen Studien	33
5.5	Transferüberlegungen für die Physiotherapie.....	36
5.6	Limitationen.....	39
5.6.1	Methodische Limitationen	39
5.6.2	Inhaltliche Limitationen.....	40
5.7	Empfehlung für weiterführende Forschung.....	41
6	Fazit.....	42
	Literaturverzeichnis.....	43
	Abbildungsverzeichnis.....	48
	Tabellenverzeichnis.....	48
	Abkürzungsverzeichnis.....	49
	Wortanzahl.....	50
	Danksagung.....	50
	Eigenständigkeitserklärung	50
	Anhang.....	51

Abstract DE

Hintergrund: Die jährliche Inzidenz von Querschnittslähmungen (engl. spinal cord injury, SCI) beträgt 250'000 bis 500'000 Fälle. Häufig bleibt ein Teil der Sensomotorik unterhalb des Verletzungsniveaus erhalten, was als eine inkomplette Paraplegie (iSCI) bezeichnet wird. Seit mehreren Jahren wird die iSCI Therapie mit robotergestütztem Gehtraining, wie mit dem Lokomat, ergänzt. Die Evidenzlage im Vergleich zu anderen Therapieformen ist aber widersprüchlich.

Ziel: Diese Fallstudie will den Einfluss von regelmässigem ambulantem Lokomat-Training auf die Gehfähigkeit eines iSCI-Patienten untersuchen.

Methode: Ein chronischer iSCI-Patient führt über eineinhalb Jahre das Lokomat-Training drei Mal in der Woche durch. In regelmässigen Abständen wird die Gehfähigkeit mittels 10-Meter-Gehtest (10MWT) und Timed Up and Go Test (TUG) beurteilt. Die erhobenen Messwerte werden mit einem zuvor definierten Richtwert und mit anderen Studien verglichen.

Ergebnisse: Der Patient zeigte über die ersten Monate im 10MWT und TUG eine stetige Verbesserung. Nach eineinhalb Jahren zeigte sich im 10MWT eine Verbesserung von -13s (+0.25m/s) und im TUG eine Verschlechterung von +9s im Vergleich zur Baseline. Der definierte Richtwert konnte nur im 10MWT, nicht im TUG erreicht werden.

Schlussfolgerung: Mit dem ambulanten Lokomat-Training über eineinhalb Jahre konnte keine relevante klinische Veränderung erreicht werden.

Schlüsselwörter: inkomplette Querschnittslähmung, Lokomat, Gehfähigkeit, Fallstudie, Physiotherapie

Abstract EN

Background: The annual incidence of spinal cord injury (SCI) is 250'000 to 500'000 cases. A part of the sensorimotor system often remains intact below the level of injury. This is then referred to as incomplete spinal cord injury (iSCI). For several years, robot-assisted walking training, for example with the Lokomat, has been used in iSCI therapy. However, the level of evidence compared with other forms of therapy remains contradictory.

Objective: This case study investigates the influence of regular ambulant Lokomat training on the walking ability of an iSCI patient.

Method: A chronic iSCI patient carries out the Lokomat training three times a week for a year and a half. Walking ability is assessed at regular intervals using the 10-meter walk test (10MWT) and the Timed up and go test (TUG). The measured values are compared with a previously defined reference value and with other studies.

Results: The patient showed a steady improvement over the first months in the 10MWT and TUG. After one and a half years, the 10MWT showed an improvement of -13s (+0.25m/s) and the TUG a deterioration of +9s compared to the baseline. The defined reference value could only be achieved in the 10MWT, not in the TUG.

Conclusion: No relevant clinical change could be achieved with the ambulant Lokomat training over a period of one and a half years.

Keywords: incomplete spinal cord injury, Lokomat, walking ability, case study, physical therapy

1 Einleitung

Eine Rückenmarksverletzung ist ein sehr einschneidendes Erlebnis für betroffene Patientinnen und Patienten, wobei die Nerven im Rückenmark geschädigt werden (Nam et al., 2017).

Viele Patientinnen und Patienten mit einer Rückenmarksverletzung erleiden eine inkomplette Verletzung. Dies bedeutet, dass sensorische und/oder motorische Funktionen unterhalb des Verletzungsniveaus erhalten bleiben. So ist es für viele Patientinnen und Patienten möglich, trotz Rückenmarksverletzung das Gehen wieder zu erlernen (Scivoletto et al., 2011).

Erreicht wird dies mithilfe von intensivem Bewegungs- und Gehtraining, welche plastische und neurophysiologische Mechanismen anregen und so das Gehen wieder ermöglichen. Während dies meist mit konservativer Physiotherapie behandelt wird, kam Ende des 20., Anfang des 21. Jahrhunderts neu das Laufbandtraining mittels Robotik auf. Mithilfe des robotergestützten Gehtrainings können die Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten entlastet werden und ferner soll damit das Training intensiviert werden (Nam et al., 2017).

1.1 Problemdarstellung

Zur Behandlung mithilfe des robotergestützten Gehtrainings existiert bereits viel Literatur, jedoch bis heute kaum Studien, welche die Wirksamkeit des robotergestützten Gehtrainings als signifikant besser beschreiben als die der konventionellen Physiotherapie. Dies lässt sich unter anderem anhand der Limitationen der Studien erklären. Beispielsweise wurden nur die Grundeinstellungen des benutzten Robotikgerätes verwendet, worin eine volle Unterstützung der Beinarbeit und eine komplette Gewichtsentlastung enthalten sind. Die Dauer des Trainings variierte oft sehr stark, wodurch ein Vergleich der Ergebnisse schwierig ist. Des Weiteren waren die Populationen der Studien zu heterogen (Stadium der Krankheit, Grad der Verletzung).

Revigo ist ein Trainingscenter in der Schweiz, welches unter anderem robotergestütztes Gehtraining mit dem Lokomat von Hocoma anbietet. Bis heute ist sie die einzige ambulante Robotikklinik in der Schweiz (Revigo, 2021). Dies hat zur Folge, dass die Betroffenen einer Rückenmarksverletzung häufig nur im stationären Setting von den Vorteilen der robotergestützten Therapie profitieren können.

Die Robotiktherapie ist bis heute für die Therapie von Rückenmarksverletzungen nicht stark etabliert und bei PhysioSwiss gibt es keinen Tarif für Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten, welcher diese ambulante Therapieform deckt. Dies führt dazu, dass die meisten Krankenkassen die Kosten der ambulanten Robotiktherapie nicht übernehmen und die Betroffenen somit die Therapie bei Revigo selbst bezahlen müssen.

1.2 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, anhand einer Fallstudie eine Aussage über den Einfluss des ambulanten Trainings mit Hilfe des Lokomaten auf die Gehfähigkeit eines Patienten mit inkompletter Paraplegie zu machen. Der Fokus liegt dabei auf den Veränderungen der benötigten Zeit bei den Assessments 10-Meter-Gehtest (10MWT) und Timed Up and Go Test (TUG).

Daraus ergibt sich die folgende Fragestellung:

„Welche Auswirkungen hat das ambulante Training mittels Lokomat bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie auf die benötigte Zeit beim 10-Meter-Gehtest und beim Timed Up and Go Test?“

1.3 Hypothese

Die Hypothese der Autoren ist folgende:

„Ein regelmässiges ambulantes Training (drei Mal pro Woche) über eineinhalb Jahre mit dem Lokomat bringt bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie eine klinisch relevante Veränderung.“

2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Im folgenden Kapitel wird auf die Querschnittlähmung und deren Geschichte eingegangen. Vor allem steht die Anatomie der Wirbelsäule und des Rückenmarks sowie die Entstehung der Querschnittlähmung und deren Geschichte und ihre Behandlung im Fokus. Zudem gehen die Autoren auch auf den Lokomat, ein robotergestütztes Medizingerät für die Rehabilitation der Gehfähigkeit, ein.

2.1 Anatomie der Wirbelsäule

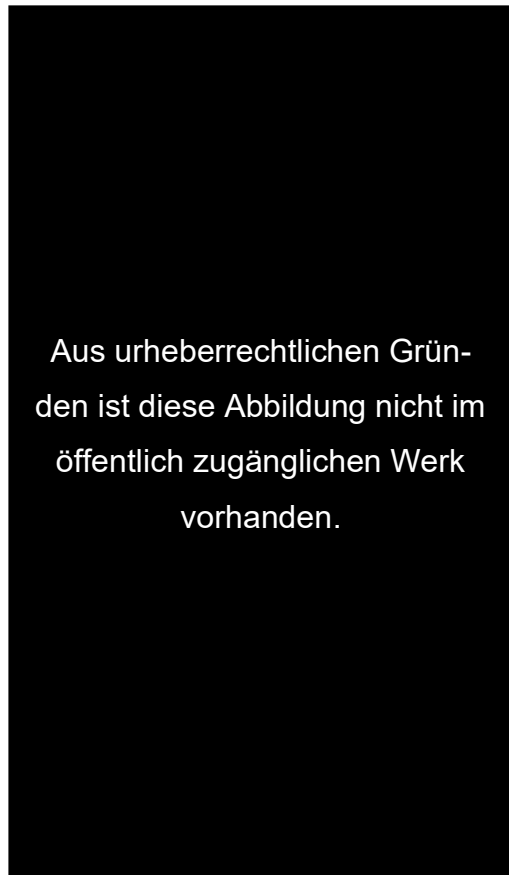
Bei einer erwachsenen Person ist die Wirbelsäule in vier Abschnitte gegliedert und weist, wenn die Wirbelsäule aus der Sagittalebene betrachtet wird, vier typische Krümmungen auf (siehe Abbildung 1). Diese sind bei der Entwicklung der aufrechten und bipeden Fortbewegung entstanden, um Belastungen abfedern zu können. Die vier Abschnitte sind die Halswirbelsäule, die Brustwirbelsäule, die Lendenwirbelsäule und die Sakralwirbelsäule (Schünke et al., 2018a).

Die Wirbelkörper (Corpus vertebrae) nehmen von cranial nach caudal in ihrer Grösse immer mehr zu, um dem zunehmenden Körpergewicht besser standzuhalten. Bei den Wirbellöchern (Foramen vertebrale) nimmt der Durchmesser hingegen ab, da auch der Umfang des Rückenmarks nach caudal immer weiter abnimmt (Schünke et al., 2018a).

Jeder Corpus vertebrae, ausser den obersten zwei Halswirbeln (Atlas und Axis), hat einen ähnlichen knöchernen Aufbau (siehe Abbildung 2), welcher sich jedoch von Abschnitt zu Abschnitt leicht verändert. Die Grundbausteine sind der Corpus vertebrae, Arcus vertebrae, Processus spinosus, Processus transversi bzw. Processus costales und Processus articulares (Schünke et al., 2018a).

Abbildung 1

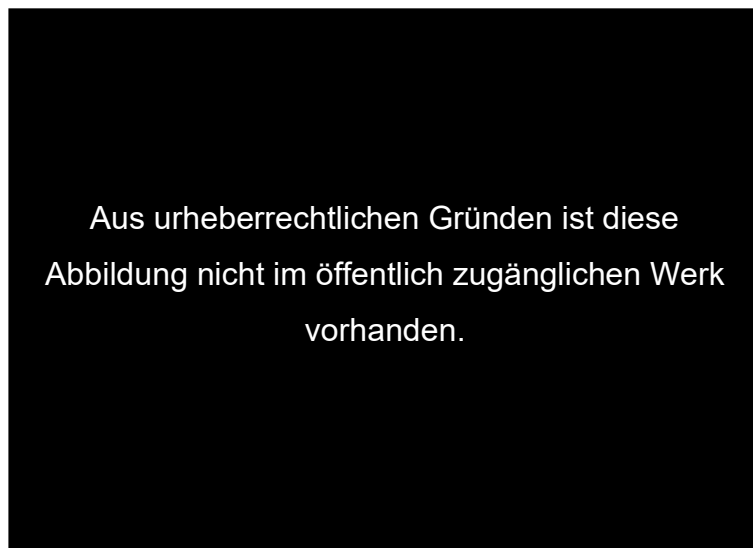
Aufbau der Wirbelsäule



Quelle: Schünke et al., 2018a, S.104

Abbildung 2

Knöcherner Aufbau Wirbelkörper



Quelle: Schünke et al., 2018a, S.115

2.2 Anatomie des Rückenmarks

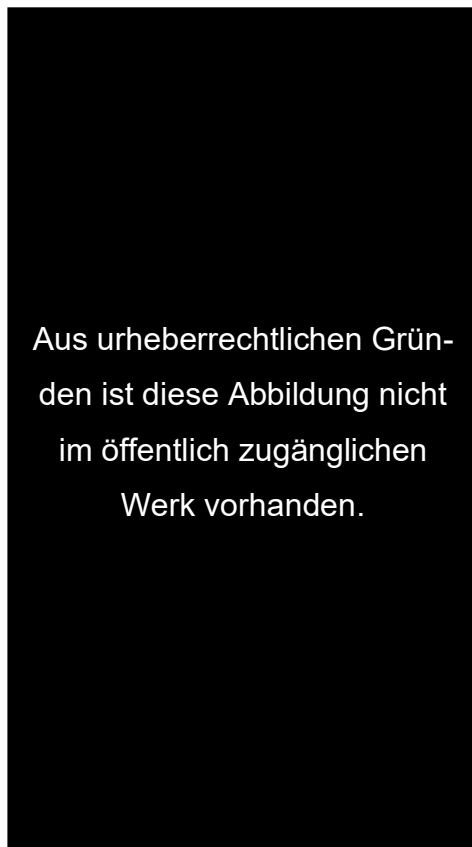
Das Rückenmark (Medulla spinalis) ist das Hauptverbindungsorgan für die gesamte Informationsübertragung zwischen dem Gehirn sowie allen Teilen des Körpers und ist somit ein Teil des zentralen Nervensystems (ZNS) (Zäch & Koch, 2006).

Als Teil des ZNS ist die Medulla spinalis, wie das Gehirn, von Liquor cerebrospinalis umgeben (Trepel, 2017).

Vitale Funktionen wie Stehen und Gehen, Blasen-, Mastdarm- und Sexualfunktionen und auch Atem-, Temperatur- und Kreislaufregulationen werden über die Medulla spinalis kontrolliert. Die Medulla spinalis liegt im Wirbelkanal, dem sogenannten Canalis vertebralis, und geht ohne eine Grenze aus der Medulla oblongata, dem untersten Abschnitt des Gehirns, hervor. Sie endet in der Höhe des ersten bis zweiten Lendenwirbels konusförmig als Conus medullaris (Zäch & Koch, 2006).

Abbildung 3

Verlauf Rückenmark in Wirbelsäule



Quelle: Schünke et al., 2018b, S.397

Im untersten Teil der Lendenwirbelsäule setzt sich die Medulla spinalis in Form der Cauda equina fort (siehe Abbildung 3). Hier verlaufen die untersten Vorder- und Hinterwurzelstränge schweifähnlich wie ein Pferdeschwanz zu ihren jeweiligen Foramen intervertebrale (Schünke et al., 2018b).

Die Pia mater, welche zu der weichen Rückenmarkshaut zählt, liegt direkt an der Medulla spinalis an. Darüber folgt die Arachnoidea mater, welche wie auch die Pia mater sehr dünn und leicht zerreisbar ist. Die dritte und äusserste Schicht ist die Dura mater, welche die harte Rückenmarkshaut bildet. Zwischen der Pia mater und der Arachnoidea gibt es einen Hohlraum, welcher mit Liquor cerebrospinalis gefüllt ist und die Medulla spinalis sowie das Gehirn mechanisch schützt (Trepel, 2017).

Da der Wirbelkanal meist direkt in der Bewegungsachse liegt, kann die Medulla spinalis auch bei extremen Verformungen der Wirbelsäule nicht abgeklemmt oder abgedreht werden (Zäch & Koch, 2006).

Die Medulla spinalis besteht zentral aus grauer, seitlich aus weisser Substanz. Die Leitungsbahnen des Vorder-, Seiten- und Hinterstranges (Funiculus anterior, lateralis und posterior) bilden die weisse Substanz. Sie entlässt parasymphatische und sympathische vordere Wurzelfäden und nimmt entsprechende sensible hintere Wurzelfäden aus den Spinalganglien auf. Diese bilden peripher des Spinalganglions gemischte periphere Nerven. Der Schaltapparat des Rückenmarks ist jedoch die graue Substanz. Sie lässt sich unterscheiden in das Vorder-, Hinter- und Seitenhorn. Im Vorderhorn werden motorische Impulse zu der Skelettmuskulatur weitergegeben und im Hinterhorn sensible Impulse aus der Peripherie zum Thalamus weitergeschaltet. Im Seitenhorn werden vegetative Impulse weitergeleitet (Zäch & Koch, 2006).

2.3 Querschnittlähmung

Eine Querschnittlähmung oder Rückenmarksverletzung (engl. spinal cord injury, SCI) ist eine Läsion der neuralen Elemente des Rückenmarks und ist ein verheerender Zustand mit erheblichen Auswirkungen auf das Leben eines Menschen (Nam et al., 2017). Die SCI verändert das gesamte Leben und ist ein medizinisch komplexer Zustand, welcher in der Vergangenheit mit einer hohen Sterblichkeitsrate verbunden war (Bickenbach, Biering-Sørensen, et al., 2013).

In der heutigen Zeit wird die Patientin oder der Patient hingegen in allen Bereichen besser umsorgt, was dazu führt, dass trotz einer SCI ein lebenswertes und produktives Leben geführt werden kann (Bickenbach, Biering-Sørensen, et al., 2013). Menschen, welche eine SCI erleiden, sind häufig in ihren motorischen Fähigkeiten beeinträchtigt, was zu einer verminderten Mobilität führt. Eine verminderte Mobilität erhöht das Risiko für eine Beeinträchtigung der Lebenszufriedenheit und Lebensqualität (Nam et al., 2017).

In Ländern mit einem geringen Nationaleinkommen endet eine traumatische SCI meist tödlich, da qualitativ hochwertige technische Hilfsmittel nur eingeschränkt verfügbar sind (Bickenbach, Biering-Sørensen, et al., 2013).

Im Bericht der Weltgesundheitsorganisation (WHO) definieren Bickenbach, Biering-Sørensen, et al. (2013) eine Querschnittlähmung als „sämtliche Verletzungen des Rückenmarks, des Conus medullaris und der Cauda equina“ (S. 5).

2.3.1 Geschichte

Querschnittlähmungen gibt es schon seit es den Menschen gibt. Die ältesten Beschreibungen einer Querschnittlähmung sind auf dem Edwin-Smith-Papyrus niedergeschrieben, welches 1930 übersetzt wurde. Darin wird auf einen alten Text aus dem alten ägyptischen Reich verwiesen, welcher eine Querschnittlähmung im Jahre 2800 vor Christi beschreibt. In den Jahren danach wird vor allem auf die Frakturen der Wirbelsäule eingegangen. Erst im 19. Jahrhundert stellte Alexis Boyer fest, dass bei einer Wirbelsäulenverletzung mit neurologischen Ausfällen die Läsion des Rückenmarks ernster zu nehmen ist als diejenige der Wirbelsäule. Er stellte zudem fest, dass Verletzungen des Halsmarkes immer zum Tode führen, während Paraplegien nicht immer tödlich verlaufen müssen. Dabei erkannte er auch die ascendierende Myelitis (Rückenmarksentzündung). 1911 lieferten Boeckel und Boeckel den Beweis, dass Luxationsfrakturen der Halswirbel nicht immer tödlich sein müssen. Eine „aussergewöhnliche“ Gelegenheit zur Untersuchung der Verletzungen des Nervensystems bot der Erste Weltkrieg und die unmittelbare Nachkriegszeit. Bei histologischen Untersuchungen wurde entdeckt, dass bei einer Commotio spinalis (Rückenmarkserschütterung) durch ein direktes Trauma die myelinhaltigen Nervenfasern und bei der durch indirektes Trauma verursachten Commotio spinalis vor allem Zellen geschädigt werden. Die Bilanz der Erfahrungen aus dem Ersten

Weltkrieg fällt keineswegs positiv aus, obwohl eindeutige Fortschritte erzielt wurden (Zäch & Koch, 2006).

Laut Zäch und Koch (2006) beginnt die aktuelle Phase der Geschichte der Paraplegie erst während des Zweiten Weltkrieges. Unter der Leitung des Neurochirurgen Ludwig Guttmann wurde in Aylesbury, England, eine „Spinal unit“ eröffnet. Diese wurde gegründet, um militärische Akutspitäler zu entlasten. In der „Spinal unit“ wurde herausgefunden, dass das isolierte Rückenmark fähig ist, sich teilweise wieder zu regenerieren und folglich ein Wiedererlangen von motorischen und sensorischen Fähigkeiten möglich ist. Guttmann strebte mit der „Spinal unit“ eine gesamtheitliche Rehabilitation an, zu welcher auch sportliche Aktivitäten gehören. Diese habe er besonders gefördert, was schliesslich zur Gründung der Paralympics geführt hat (Zäch & Koch, 2006).

2.3.2 Inzidenz und Ursache

Die Inzidenz von Querschnittslähmungen weltweit belaufen sich jährlich, laut Schätzungen basierend auf qualitativ-hochwertigen nationalen Studien, auf 40 bis 80 neuen Fällen pro Million Einwohner. Somit erleiden jedes Jahr zwischen 250'000 und 500'000 Menschen eine SCI. Die häufigsten Gründe für eine SCI sind immer noch traumatischer Ursache, wobei der Anteil an nicht-traumatischen Ursachen in den vergangenen Jahren leicht zugenommen hat. Zudem ist bei Männern die Inzidenz, eine traumatisch bedingte SCI zu erleiden, höher als bei Frauen und das in fast jedem Alter. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Männer in der Regel eher einen erhöhten Alkoholkonsum sowie ein schnelleres Fahrverhalten aufweisen und risikoreichere Sportarten ausüben. Viele der traumatisch bedingten SCI sind auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Die betroffenen Menschen einer nicht-traumatischen Ursache einer SCI sind tendenziell älter. Hauptursachen sind hier neoplastische Tumore und degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule, gefolgt von Gefäss- und Autoimmunkrankheiten (Bickenbach, Boldt, et al., 2013).

2.3.3 Entstehung

Der häufigste Entstehungsmechanismus für eine Schädigung des Rückenmarks ist mechanischer Druck. Dabei werden Rückenmarksprellungen, vertebrealen Frakturen, Bandscheibenvorfälle, Stich- oder Schussverletzungen, Tumorwachstum, Entzündungen von Wirbelkörpern oder Bandscheiben, Blutungen im Spinalkanal oder iatrogene Ursachen unterschieden. Die Rückenmarkszellen werden durch diese primären Schädigungsmechanismen mechanisch direkt zerstört. Danach tritt ein sekundärer Schädigungsmechanismus ein, bei welchem es sich um eine umfassende biochemische Gewebereaktion handelt. Bei diesem sekundären Mechanismus entsteht eine Azidose, was ein Absinken des pH-Wertes mit sich bringt. Durch Membranpermeabilitätsveränderungen finden Elektrolytverschiebungen statt und Ödeme entstehen. Zudem kann die glatte Muskulatur durch die Elektrolytverschiebungen angeregt werden, was wiederum Vasospasmen begünstigen kann. Diese Prozesse können dazu führen, dass freie Radikale gebildet werden. Bei dieser biochemischen Gewebereaktion wandern Makrophagen ein, welche das verletzte Gewebe abbauen und resorbieren. Ein weiterer Schädigungsmechanismus ist eine Ischämie, bei welcher ebenfalls Zellen aufgrund einer Minderdurchblutung absterben (Strömer, 2010).

2.3.4 Lähmungstypen

Laut Strömer (2010) geht grundsätzlich jede Rückenmarks- oder Conus/Cauda-equina-Verletzung mit motorischen, sensiblen und vegetativen Ausfällen im gelähmten Körperabschnitt einher. Jedoch können diese unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Dies ist abhängig von der Lähmungshöhe als auch davon, ob noch Rückenmarksbahnen vorhanden sind oder nicht.

Die Lähmungstypen werden entsprechend der Verletzungshöhe unterschieden. Die Tetraplegie bedeutet, dass alle vier Gliedmassen, der Thorax und das Abdomen durch eine Schädigung des Halsmarkes motorisch-sensibel gelähmt sind. Unter einer Paraplegie wird eine motorisch-sensible Lähmung verstanden, bei welcher die unteren Extremitäten, das Abdomen und abhängig von der Verletzungshöhe auch der Thorax betroffen sind. Dies geschieht durch eine Schädigung der thorakalen oder lumbalen Rückenmarkssegmente. Bei einem Conus-Cauda-Syndrom sind nur die tieferen Lumbalsegmente und die sakralen Segmente von der motorisch-sensiblen

Lähmung betroffen. Eine vegetative Lähmung besteht bei allen drei Typen. Das bedeutet, dass die Blasen- und Mastdarmfunktionen ebenfalls eingeschränkt sind. Jedoch haben Menschen mit einem Conus-Cauda-Syndrom nur geringe oder keine sonstigen motorischen und sensiblen Ausfälle. Unter einer inkompletten Querschnittlähmung (iSCI) wird nach der geltenden Definition der International Spinal Cord Society (ISCoS) verstanden, wenn unterhalb des Lähmungsniveaus noch motorische und/oder sensible Restfunktionen abrufbar sind und die tiefsten sakralen Segmente ebenfalls Restfunktionen haben. Wenn die tiefsten sakralen Segmente keine sensible oder motorische Funktion mehr haben, dann handelt es sich um eine komplette Lähmung (Strömer, 2010).

2.3.5 ASIA-Klassifikation

Im Jahr 1973 wurde die American Spinal Injury Association (ASIA) gegründet, damit Ärztinnen und Ärzte, welche an der Behandlung von Patientinnen und Patienten mit Rückenmarksverletzungen beteiligt sind, sich über die Forschung, Daten und Ideen austauschen können. Die Gründer der ASIA versuchten ein neues standardisiertes Modell für die Kategorisierung der Rückenmarksverletzungen zu erarbeiten. Zuvor wurde die Frankel Skala angewendet, welche jedoch erhebliche Einschränkungen mit sich brachte. Im Jahr 1982 wurden die internationalen Standards für die Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI) von ASIA veröffentlicht, welche die modifizierte Frankel Skala ersetzte. Die ASIA Impairment Scale (AIS) ist eine standardisierte Untersuchung, die aus einer Myotom-basierten motorischen Untersuchung, einer Dermatome-basierten sensorischen Untersuchung und einer anorektalen Untersuchung besteht. Der Verletzungsschweregrad wird basierend auf den Befunden dieser Untersuchung zugeordnet (Roberts et al., 2017).

Die ASIA Impairment Scale wird nach Roberts et al. (2017) in Grade von A bis E eingeteilt:

- Grad A bezeichnet eine vollständige Rückenmarksverletzung, welche als das Fehlen aller motorischen und sensorischen Funktionen distal der Verletzungsstelle definiert ist, einschliesslich der Sakralwurzeln.
- Grad B bezeichnet eine Rückenmarksverletzung, bei welcher unterhalb der Verletzungsstelle einige sensorische Funktionen vorhanden sind, jedoch keine motorischen.
- Grad C Verletzungen haben bei der Hälfte der Kennmuskeln unterhalb der Verletzungsstelle einen motorischen Grad von weniger als 3 und einige sensorische Funktionen sind vorhanden.
- Grad D Verletzungen haben bei der Hälfte der Kennmuskeln unterhalb der Verletzungsstelle einen motorischen Grad von mindestens 3 und einige sensorische Funktionen sind vorhanden.
- Grad E bezeichnet alle Rückenmarksverletzungen, welche eine normale motorische und sensorische Untersuchung aufweisen. Es können jedoch abnorme Reflexe oder andere neurologische Phänomene vorkommen.

2.3.6 Physiotherapeutische Relevanz

Die Grundkenntnisse und das allgemeine theoretische Hintergrundwissen über die Querschnittlähmung sind für die physiotherapeutische Behandlung von grosser Relevanz. Ebenso sind die anatomischen Kenntnisse für Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten unerlässlich. So kann aufgrund einer Verletzung vermutet werden, welche Strukturen betroffen sind und welche Folgen eine Verletzung haben kann. Die so gestellte Arbeitshypothese der Physiotherapeutin oder des Physiotherapeuten ist grundlegend für die Therapie. Bei der Behandlung einer Querschnittlähmung ist zudem wichtig zu wissen, auf welcher Höhe sich die Läsion befindet und um welchen Grad der AIS es sich handelt. Zudem hilft das Wissen über die Krankheit und deren Verlauf bei der Patienten-Edukation. Die Patientin oder der Patient sind bei der Überbringung der Erstdiagnose oft nicht aufnahmefähig. Daher nimmt die Edukation über die Krankheit und deren Verlauf einen grossen Platz in der Therapie ein.

Den Autoren ist durch das erworbene Wissen ausserdem klar geworden, dass in diesem grossen neurologischen Bereich der Querschnittlähmungen weiterhin viele Fragen offen sind und bei Weitem noch nicht alles erforscht wurde. Zusätzlich zeigt sich den Autoren auf, dass sich die Wissenschaft über die Jahre immer weiterentwickelt hat und dass viele Erkenntnisse mit den Jahren widerlegt wurden und neues Wissen über Diagnosestellung, Behandlung usw. entstanden ist. Grundlegend für Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten in ihrer beruflichen Karriere ist, dass sie immer auf dem neusten Stand der Wissenschaft sind, um den Patientinnen und Patienten eine evidenzbasierte Therapie bieten zu können.

2.4 Lokomat

2.4.1 Entstehung des Lokomats

Für neurologische Defizite wird das Prinzip der äusseren Stützfunktion in der Therapie schon lange genutzt. Dabei wurden Orthesen in Form von Schienenschellenapparaten, Parawalkern oder „knee ankle foot orthosis“ (KAFO), zur Unterstützung der gelähmten Bein- und Rumpfmuskulatur bei Querschnittgelähmten eingesetzt. Diese sollen den Betroffenen das Stehen sowie das Gehen erleichtern. Jedoch kamen diese Orthesen in den letzten Jahren immer weniger zum Einsatz, obwohl bekannt ist, dass das Rollstuhlfahren degenerative Folgen auf die Schultern hat. In den 1970er-Jahren begann dann die Entwicklung von Exoskeletten (Aach et al., 2015).

1995 begann ein Forschungsteam des Spinal Cord Injury Zentrums der Universitätsklinik Balgrist in Zürich, bestehend aus einer interdisziplinären Gruppe von Ärztinnen und Ärzten, Therapeutinnen und Therapeuten sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren mit der Arbeit an einer angetriebenen Gangorthese. Dabei soll die im Wesentlichen mühsame und anstrengende körperliche Arbeit der Therapeutinnen und Therapeuten beim Gehtraining ersetzt werden. Dies auch aus dem Grund, damit das Gehtraining nicht von der Fähigkeit und der Verfügbarkeit von Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten abhängt. Der Lokomat oder andere Robotikgeräte können dieses Problem durch den Einsatz von mechatronischen Systemen beseitigen und die Beinbewegung automatisieren (Robert, 2016).

Um die Mobilität der Gliedmassen wieder herzustellen, benutzt die Robotiktherapie das Prinzip, dass der wiederholte Input über die Gliedmassen die Neuroplastizität im

Gehirn und Rückenmark stimuliert. Bei Menschen mit einer Querschnittlähmung wurde festgestellt, dass die sensomotorischen kortikalen Regionen S1 und S2 sowie Kleinhirnregionen nach gewichtsentlastendem Laufbandtraining wieder stärker aktiviert waren. Daraus wird geschlossen, dass das gewichtsentlastende Laufbandtraining die supraspinale Plastizität in den Hirnregionen, welche mit der Fortbewegung zusammenhängen, verbessert werden kann (Cheung et al., 2017). Der Lokomat (siehe Abbildung 4) ist der weltweit am meisten verbreitete Rehabilitationsroboter und wurde bis zum Sommer 2015 etwa 700 Mal verkauft. Er besteht aus einem computergesteuerten Exoskelett, das die Beine der Patientinnen und Patienten in einer einstellbaren Verbindung mit einem Körpergewichtsentlastungssystem bewegt (Robert, 2016). Patientinnen und Patienten mit schweren neurologischen Beeinträchtigungen haben somit die Chance, ein hochintensives physiologisches Gehtraining zu absolvieren (Hocoma, 2021). Zudem haben der Lokomat und andere Robotikgeräte den Vorteil, dass Patientinnen und Patienten früher mit dem Gehtraining beginnen können als bei der konventionellen Physiotherapie. Ausserdem ist die Dauer des Trainings länger und die Intensität höher. Rollstuhlfahrerinnen und Rollstuhlfahrer können während einer 30-minütigen Therapiesitzung mit dem Lokomat oder einem anderen Robotikgerät bis zu 1000 Schritte gehen. Im Vergleich dazu erreicht eine Patientin oder ein Patient bei einer konventionellen Therapie ein Maximum von 50 bis zu 100 Schritten (Nam et al., 2017).

Abbildung 4
Lokomat von Hocoma

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese Abbildung nicht im Werk vorhanden,
sondern nur per URL zugänglich:

https://hocoma.b-cdn.net/wp-content/uploads/2018/02/09082112/L6_SCI_PetraDokladal_Hocoma_1603_4004-1030x687.jpg

Quelle: Hocoma, 2020

2.4.2 Lokomat und seine Funktionen

Der Lokomat ist eine beidseitig angetriebene Gangorthese, die in Verbindung mit einem Körpergewichtsentlastungssystem verwendet wird und die Beine der Patientin oder des Patienten durch den Gangzyklus in der Sagittalebene bewegt. Die Hüft- und Kniegelenke der Patientin oder des Patienten werden durch Linearantriebe betätigt, welche in einer exoskelettalen Struktur integriert sind. Die Dorsalextension der Füße während der Schwungbeinphase wird durch einen passiven Fussheber unterstützt. Während des Trainings können die Gelenkwinkel der Hüfte und der Knie individuell an die konkreten Bedürfnisse der Patientin oder des Patienten angepasst werden. Zudem kann mithilfe der Kraftsensoren, welche in der Orthese in den Knie- und Hüftgelenken integriert sind, gemessen werden, wie viel die Patientin oder der Patient mit seiner eigenen Muskelkraft mithilft. Somit unterstützt der Lokomat die Patientin oder den Patienten nur so stark wie nötig. Des Weiteren ist die Orthese an die individuelle Anthropometrie angepasst. Das Körpergewichtsentlastungssystem

funktioniert mittels einer Parallelogrammkonstruktion, welche die Orthese über ein Gestell mit dem Rahmen des Körpergewichtsentslastungssystems verbindet. Dank dieser Konstruktion wird die Ausrichtung des robotischen Beckensegments konstant gehalten, ermöglicht aber eine vertikale Verschiebung. Die Patientin oder der Patient ist mit Gurten an der Orthese befestigt, welche um die Taille, Oberschenkel und Unterschenkel liegen. Somit kann individuell eingestellt werden, wie viel Körpergewicht die Patientinnen oder die Patienten auf den Beinen tragen sollen. Während der erste Lokomat nur eine zweidimensionale Flugbahn in der Sagittalebene hatte, wurde der LokomatPro mit dem FreeD Modul um drei Freiheitsgrade ergänzt. Nun kann beim Gehen durch eine Hüftabduktion oder -adduktion und eine laterale Beckenkipfung das Gewicht besser auf das Standbein verschoben werden (Robert, 2016).

Dies ermöglicht es den Patientinnen und den Patienten zusätzlich die Rumpfmuskulatur zu aktivieren und sie erfahren dabei zusätzliche Reize über ihren Gleichgewichtssinn, was wiederum für das Wiedererlernen des selbstständigen Gehens entscheidend ist (Hocoma, 2017).

2.4.3 Hilft das Training auf dem Lokomat?

Da die Robotertechnologie sich stetig entwickelt und immer neue Funktionen und Geräte hinzukommen, kann das Potenzial des therapeutischen Trainings mittels Robotertechnologie weiter ausgebaut werden. Das Training auf dem Lokomaten wurde schon für verschiedene Patientengruppen in klinischen Forschungen getestet. Viele dieser Studien zeigten positive Effekte im Vergleich zur konventionellen Therapie (Robert, 2016). Laut einer Studie von Varoqui et al. (2014) verbesserten sich iSCI Probandinnen und Probanden nach einem einmonatigen Training mit dem Lokomat signifikant im 10MWT und TUG. In der Ausdauer (6-Minuten-Gehtest, 6MWT) zeigten die Probandinnen und Probanden jedoch keine signifikante Verbesserung. Im Gegensatz zu der Studie von Varoqui et al. (2014) beschreiben Esclarín-Ruz et al. (2014), dass sich die Ausdauer (6MWT) beim Lokomat-Training gegenüber dem konventionellen Gehtraining (Overground Training) signifikant verbessert hat.

Wirz et al. (2017) beschreiben in ihrer Studie, dass die Gehfähigkeit nach dem Lokomat-Training zunimmt. Die motorische Funktion ist dabei bei einem 50-minütigen Training besser als bei einem 25-minütigen. Zudem sagen Wirz et al. (2017) über die allgemein mögliche Genesung bei einer iSCI aus, dass diese in jedem Fall durch den Grad und die Schwere der Rückenmarksschädigung bestimmt wird.

In der Studie von Alcobendas-Maestro et al. (2012) wird eine Verbesserung in der Ausdauer bei den iSCI Probandinnen und Probanden beschrieben, welche mit dem Lokomat trainierten. Jedoch dementieren sie, dass das Lokomat-Training besser sei als andere Interventionen.

Bei der Studie von Piira et al. (2019) gab es bei dem Vergleich zwischen dem Lokomat-Training und der konventionellen Physiotherapie wiederum keine Unterschiede.

In einem Review von Mehrholz et al. (2017), in der die Wirksamkeit von körpergewichtsentlastendem Laufbandtraining und robotergestütztem Gehtraining mit konventioneller Physiotherapie verglichen wurde, wird beschrieben, dass kein signifikanter Unterschied in der Gehgeschwindigkeit aufgezeigt werden konnte. Der Effekt auf die Gehdistanz wurde nicht belegt.

Auch Nam et al. (2017) stellten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit fest, dass robotergestütztes Gehtraining gegenüber anderen Therapieformen nicht überlegen ist. Mit ihrer Arbeit wollten sie einen Überblick über die aktuelle Evidenz des robotergestützten Gehtrainings zur Rehabilitation des Gehens nach inkompletter Querschnittlähmung aufzeigen. Im Lokomat-Training zeigte sich, bei Probandinnen und Probanden, bei welchen die Querschnittlähmung weniger als sechs Monate her war, eine Verbesserung der Gehstrecke, der Kraft in den unteren Extremitäten und dem funktionellen Niveau der Mobilität im Vergleich zu konventionellem Gehtraining, aber nicht in der Gehgeschwindigkeit. Probandinnen und Probanden, bei welchen das Trauma länger als ein Jahr her war, zeigten im Vergleich zu keiner Intervention eine Verbesserung in der Gehgeschwindigkeit und im Gleichgewicht, jedoch keine Verbesserung bei der Gehstrecke, der Kraft der unteren Extremitäten oder dem funktionellen Niveau der Mobilität im Vergleich zu anderen Therapieformen (Nam et al., 2017).

Field-Fote und Roach (2011) und Musselmann et al. (2009) beschreiben in ihren Studien, dass der Nutzen von funktionellem Gehtraining nicht von der verwendeten Therapieform abhängig ist. Konventionelles Gehtraining (Overground Training) ist gleich effektiv wie gewichtsentlastendes Laufbandtraining.

Laut Cheung et al. (2017) scheint die Robotiktherapie unterschiedlich wirksam zu sein, wenn die Dauer der Verletzung berücksichtigt wird. In der akuten Phase ist die Neuroplastizität erhöht, was dazu führt, dass bei einem repetitiven funktionellen Gehtraining die Wiederherstellung der Muskelrekrutierung und das Erlernen des korrekten Gangmusters schneller gelingt. Wohingegen bei chronischen Rückenmarksverletzungen eine geringere Neuroplastizität besteht, was das Wiedererlernen der Motorik erschwert. Dies kann ein Grund sein, wieso sich die Abhängigkeit einer Gehhilfe nur bei Personen mit akuten Rückenmarksverletzungen durch die Robotiktherapie signifikant verbessert (Cheung et al., 2017).

Die Limitationen einiger, der von den Autoren miteinbezogenen Studien, werden folgend kurz zusammengefasst. Die Limitationen in der Studie von Wirz et al. (2017) sind zum einen, dass keine Follow-up-Messungen gemacht wurden und zum anderen die Studienpopulation zu klein war. Die Studienpopulation wird ebenfalls in der randomisiert kontrollierten Studie von Alocobendas-Maestro et al. (2012) als zu klein beschrieben. Somit musste auf nicht parametrische Tests zurückgegriffen werden. Piira et al. (2019) erwähnen in ihrer Diskussion, dass die Hauptlimitationen ihrer Studie die langsame Rekrutierung der Probandinnen und Probanden und die hohe Anzahl an Drop-outs waren. Field-Fote und Roach (2011) zählen zu ihren Limitationen, dass sie nicht wussten, welche Dosierung des Trainings die optimalste war. Zudem erwähnen sie, dass einige Probandinnen und Probanden im Alltag immer den Rollstuhl benutzten und so das Gehen ausserhalb der Therapie zu wenig nutzten. Gemäss der Studie von Esclarín-Ruz et al. (2014) ist die Zeit seit Ereignis der iSCI zu variabel und ihre Studienpopulation hatte zu grosse Unterschiede in der Art des Traumas.

2.5 Revigo

Revigo ist eine Klinik in Volketswil ZH, welche Patientinnen und Patienten im ambulanten Setting dabei unterstützt, Trainingsziele mithilfe von fortschrittlichen Technologien, wie dem Lokomat, zu erreichen. Die Firma möchte moderne Technologien im ambulanten Bereich der Neurorehabilitation anbieten, um die Therapie intensiver, effektiver und effizienter zu gestalten und somit auch die Ergebnisse der Neurorehabilitationstherapie signifikant zu verbessern. Patientinnen und Patienten sollen dabei ihre persönlichen Ziele vor Augen haben und werden dabei durch Revigo unterstützt. Revigo ist das einzige ambulante Therapiezentrum in der Schweiz, das Robotik-unterstützte Therapien anbietet (Revigo, 2021).

2.6 Assessments

Um die Effekte einer Behandlung objektivierbar zu machen, benötigt es klinische Assessments. Diese müssen den Kriterien der Reliabilität und Validität entsprechen, als auch für das zu untersuchende Patientengut geprüft worden sein.

Validität bezieht sich auf die Fähigkeit eines Instruments das zu überprüfen, was es messen soll. Reliabilität bezieht sich auf die Reproduzierbarkeit von Messungen und soll beschreiben, inwieweit replizierte Messungen übereinstimmen (van Hedel et al., 2005).

In dieser Arbeit wird der Effekt des Lokomat-Trainings auf die Verbesserung der Gehfähigkeit eines Patienten mit inkompletter Paraplegie untersucht. Folglich wurden von den Autoren Assessments gewählt, welche die Verbesserung der Gehdistanz und die Gehgeschwindigkeit sowie die Balance prüfen.

Die beiden ausgewählten Assessments werden in den folgenden Unterkapiteln genauer vorgestellt und erläutert.

2.6.1 10-Meter-Gehtest

Der 10-Meter-Gehtest (10MWT) ist ein Assessment, um die Gehgeschwindigkeit zu eruieren. Es wird die Zeit gemessen, die benötigt wird, um eine Distanz von zehn Metern zurückzulegen. Dabei gibt es unterschiedliche Methoden. Einige Untersucherinnen und Untersucher berechnen die Zeit für die gesamte zehn Meter Strecke, während andere nur eine Teildistanz messen (bspw. eine 14 Meter lange

Strecke, wobei nur die mittleren zehn Meter gemessen werden), um die Beschleunigung und das Abbremsen zu berücksichtigen (Lam et al., 2007).

Untersuchungen von Scivoletto et al. (2011) haben ergeben, dass es zwischen den beiden Varianten keinen signifikanten Unterschied bei Patientinnen und Patienten mit iSCI gibt und somit die kürzere Variante empfohlen wird.

Der 10MWT kann mit Gehstöcken oder anderen Gehhilfen absolviert werden, was keinen Einfluss auf die Bewertung des Tests hat. Jackson et al. (2008) empfehlen daher den 10MWT mit anderen Assessments (bspw. dem WISCI II¹) zu kombinieren, welche den Einsatz von Gehhilfen berücksichtigen. Obwohl eine genaue Zielgruppe nicht definiert wurde, wird der 10MWT als Gang-Assessment bei Patientinnen und Patienten mit verschiedenen neurologischen Bewegungsstörungen (Schlaganfall, Parkinson, iSCI, usw.) verwendet. Der Test ist eher ein Mass für die funktionelle Leistungsfähigkeit als für die körperliche Behinderung. Nach einer inkompletten Paraplegie haben Veränderungen der Gangmechanik, Kraft und Propriozeption einen direkten Einfluss auf die Gehgeschwindigkeit. Somit lässt sich der 10MWT gut für diese Patientinnen und Patienten verwenden. Allerdings gibt es für iSCI Patientinnen und Patienten keine Normwerte. Das Assessment wird bei diesem Patientengut mehr als Verlaufszeichen verwendet (Jackson et al., 2008).

Van Hedel et al. (2005) geben die Korrelation des 10MWT im Vergleich zum WISCI II Score als moderat bis gut an ($p=0.68$, $n=67$). Dabei ist jedoch ersichtlich, dass Patientinnen und Patienten mit einem höheren WISCI II Score und somit besseren Gehfähigkeiten eine höhere Validität erreichen als Patientinnen und Patienten mit einem schlechteren Score. Exzellente ist sowohl die Interrater-Reliabilität ($r=0.974$, $P<0.001$) als auch die Intrarater-Reliabilität ($r=0.983$, $P<0.001$). Lam et al. (2007) zeigen zudem eine exzellente Retest-Reliabilität ($r=0.983$) auf.

Jackson et al. (2008) beurteilen den 10MWT für Paraplegie Patientinnen und Patienten wie folgt:

„Overall, this outcome measure has shown good validity, reliability, and clinical utility. It is a time and cost-effective test that is easy to understand and simple to administer as it requires little specialized equipment. The test has already proven itself in several populations with neurological impairments and will likely perform well in the SCI population.“ (S. 493)

¹ WISCI = Walking Index for Spinal Cord Injury: Der WISCI ist ein Assessment, um die Gehfähigkeit einer Patientin oder eines Patienten mit SCI zu beschreiben (Schädler et al., 2006).

2.6.2 Timed Up and Go Test

Der Timed Up and Go Test (TUG) ist ein Gang-Assessment welches die Mobilität und Balance beurteilt. Ursprünglich wurde dieses für geriatrische Patientinnen und Patienten entwickelt, wird aber auch bei neurologischen Krankheitsbildern eingesetzt. Dabei wird die Zeit gemessen, die eine Person benötigt, um von einem Stuhl mit Armlehnen aufzustehen, in seinem bevorzugten Tempo drei Meter zu gehen, zum Stuhl zurückzukehren und wieder abzusetzen. Dies kann sowohl mit als auch ohne Gehhilfe durchgeführt werden (Lam et al., 2007).

In Bezug auf den WISCI II zeigen van Hedel et al. (2005) für den TUG eine sehr gute signifikante Korrelation auf ($p=0.76$, $n=67$). Wie beim 10MWT zeigt sich aber auch beim TUG, dass Patientinnen und Patienten mit einem höheren WISCI II Score eine bessere Validität erreichen als solche mit einem schlechteren Score.

In Bezug auf die Item der Fortbewegung im Functional Independence Measure Score (FIM-L²) zeigt sich für den TUG eine gute Korrelation ($r=0.692$) (Poncumhak et al., 2012).

Bei Patientinnen und Patienten mit iSCI zeigt sich bei der Durchführung des TUG sowohl eine exzellente Interrater-Reliabilität ($r=0.973$, $P<0.001$) als auch eine exzellente Intrarater-Reliabilität ($r=0.979$, $P<0.001$) (van Hedel et al., 2005).

Lam et al. (2007) beschreiben auch die Retest-Reliabilität als exzellent ($r=0.979$).

² FIM = Functional Independence Measure: Die FIM misst unter Berücksichtigung der Hilfestellung die Fähigkeitsstörung in verschiedenen ADL-Bereichen (Schädler et al., 2006).

3 Methode und Ausgangslage

In folgenden Unterkapiteln wird das methodische Vorgehen der vorliegenden Arbeit erläutert, der Patient der durchgeführten Fallstudie vorgestellt und die Auswahl der Assessments genauer erläutert.

3.1 Fallstudie

Um die Frage, welche Auswirkungen das ambulante Training mittels Lokomat bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie auf die benötigte Zeit beim 10-Meter-Gehtest und beim Timed Up and Go Test hat zu beantworten, wird in der vorliegenden Arbeit eine Fallstudie durchgeführt.

Eine Fallstudie oder Case Study ist ein qualitatives Verfahren in der Datenerhebung, um eine Forschungsfrage anhand der Analyse eines Einzelfalls zu beantworten. Yin (2014, zitiert nach Merriam & Tisdell, 2015) definiert eine Case Study als „... eine empirische Untersuchung, die ein zeitgenössisches Phänomen in seinem realen Kontext untersucht ...“ (S. 37).

Wichtig ist zu verstehen, dass eine Fallstudie schlussendlich nur einen einzelnen Fall aufzeigt und somit nur bedingt generalisiert werden kann. Dieser einzelne Fall will aber möglichst genau erfasst werden. Stake (2010, zitiert nach Merriam & Tisdell, 2015) drückt dies passend aus: „Viele qualitative Forschungen zielen darauf ab, eine Sache gut zu verstehen: eine Spielwiese, eine Band, eine Weight Watchers-Gruppe“ (S. 38).

3.2 Angaben zum Probanden und Trainingsplan

Der Proband der vorliegenden Arbeit ist Herr L. (Name anonymisiert), ein 45-jähriger Patient, welcher am 18. September 2019 eine akute Aortendissektion erlitt. Die akute Aortendissektion wurde operativ versorgt und als Folge erlitt Herr L. mehrere multiple fokale, ischämische Läsionen im Rückenmark und mehrere multiple, kleine spät-subakute Hirninfarkte. Diese führten wiederum zu einer sensomotorisch inkompletten Paraplegie unterhalb Thorakale 7. Die Rückenmarksverletzung von Herrn L. wurde als Typ C nach AIS (siehe Kapitel 2.3.5) klassifiziert. Das Lähmungsniveau Thorakale 7 bezeichnet die caudalste Wurzelebene, bei welcher die Empfindung

intakt und die motorische Funktion gleich oder höher Grad 3 der Muskelfunktionsprüfung ist (Roberts et al. 2017).

Nach der akuten Erstbehandlung im Spital wurde Herr L. in das Schweizerische Paraplegiker Zentrum (SPZ) in Nottwil verlegt, wo er mit intensiver Therapie fünf Monate behandelt wurde, bevor er, aufgrund der Covid-19-Pandemie und des damaligen Lockdowns, frühzeitig austreten musste. In diesen fünf Monaten machte Herr L. Fortschritte, er hätte jedoch noch gerne weiter im SPZ trainiert. In Nottwil lernte er, wie er sich im Rollstuhl eigenständig fortbewegen, mit einem umgebauten Fahrzeug wieder Autofahren und sich in allen Lebensbereichen selbstständig versorgen kann. Herr L. wollte seine Gehfähigkeit aber noch weiter verbessern, da er sich nur in einem Barren selbstständig biped fortbewegen konnte. Ein Jahr später, im Februar 2021, berichtete Herr L., dass er mithilfe eines Rollators in sechs Minuten 300 Meter gehen könne. Nach dem Aufenthalt im SPZ startete er am 25. Mai 2020 mit dem Training auf dem Lokomat bei Revigo in Volketswil. Seit dann trainiert Herr L. dreimal pro Woche auf dem Lokomat für jeweils eine Stunde und besucht nebst Revigo seit dem 25. Mai 2020 zusätzlich einmal in der Woche die konventionelle Physiotherapie.

Rund ein Monat nach dem Aufenthalt im SPZ, am 07. August 2020, wurde bei Herrn L. ein peritoneal und hepatisch metastasiertes, subtotal stenosierendes Kolonkarzinom, UICC Stadium IVc diagnostiziert. Dieses wird seit der Erstdiagnose mittels Chemotherapie behandelt. Herr L. durchläuft dabei 12-wöchige Zyklen, in welchen er alle zwei Wochen eine Dosis der Medikamente verabreicht bekommt. Auf die Nebenwirkungen des Kolonkarzinoms und der Chemotherapie gehen die Autoren im Kapitel 5.2.2 ein. Im November 2020 wurde bei Herr L. zudem Diabetes mellitus Typ II diagnostiziert.

3.3 Datenerfassung und Verarbeitung

Revigo führt mit Herrn L. in regelmässigen Abständen verschiedene Assessments durch. Diese beinhalten den 10MWT, 6MWT, TUG, FAC, L-Force und zwei Fragebögen (EQ-5D und WHODAS). Alle Gang-Assessments werden mithilfe eines Rollators absolviert.

Die erhobenen Daten werden in REDCap hinterlegt und später in Matlab importiert. Für die vorliegende Arbeit werden die Daten über einen Zeitraum von ca. eineinhalb Jahren ausgewertet (19.05.2020 bis 22.09.21). Während dieser Zeit wurden die Assessments sechs Mal ausgeführt und erfasst.

Die effektiven Messwerte der Assessments werden für die Auswertung aus Matlab wiederum in Microsoft Excel importiert und analysiert. Anschliessend werden die Ergebnisse mit anderen Studien verglichen.

Um die aufgestellte Hypothese zu beantworten, ob eine klinisch relevante Veränderung erreicht wurde, werden Richtwerte errechnet. Dafür wird die Studie von Varoqui et al. (2014) als Referenz genutzt. Sie untersuchten das Training mit dem Lokomat bei iSCI Patientinnen und Patienten über einen Monat. Dabei wurde beim 10MWT eine durchschnittliche Verbesserung von +0.08m/s und beim TUG eine durchschnittliche Verbesserung von -6.32s über einen Monat erreicht.

Da in der vorliegenden Arbeit die Veränderung über einen längeren Zeitraum erforscht werden soll und mit einer Abnahme der monatlichen Verbesserungen zu rechnen ist, haben sich die Autoren entschieden, als Wert für die Beantwortung der Hypothese die monatliche durchschnittliche Verbesserung mit drei zu multiplizieren. Dieser Multiplikator wurde aufgrund dem zu erwartenden abflachenden Fortschritt frei von den Autoren definiert.

Somit ergeben sich als Richtwerte für die Beantwortung der Hypothese für den 10MWT +0.24m/s, respektive -4s und für den TUG -19s.

3.4 Auswahl Assessments

Um die Verbesserung der Gehfähigkeit des Patienten zu quantifizieren, werden zwei Assessments ausgewählt: Der 10-Meter-Gehtest (10MWT) und der Timed Up and Go Test (TUG) (Siehe Kapitel 2.6.1 und 2.6.2).

Da Gangeinschränkungen viele unterschiedliche Faktoren beinhalten, sollen von den beiden gewählten Assessments möglichst viele davon abgedeckt sein.

Der 10MWT zeigt die Gehgeschwindigkeit, die mit der motorischen Funktion in Verbindung steht, die Gehausdauer und die allgemeine Gangqualität auf. Der TUG Test verlangt von den Probandinnen und Probanden sequenzielle Bewegungsaufgaben auszuführen, die Aktivitäten vom Sitzen zum Stehen, Gehen und Drehen umfassen. Die Ergebnisse des Tests korrelieren mit dem Niveau der funktionellen Mobilität, dem Gleichgewicht, der posturalen Kontrolle, der Gehfähigkeit und dem Sturzrisiko (Poncumhak et al., 2012).

Wie in den Kapiteln 2.6.1 und 2.6.2 aufgezeigt wird, korrelieren beide Assessments gut bis sehr gut mit dem WISCI II. Van Hedel et al. (2005) zeigen des Weiteren auf, dass die beiden Assessments exzellent miteinander korrelieren ($r=0.89$, $n=70$).

4 Resultate

Eine Aufzählung aller gemessenen Werte des 10MWT und des TUG sind in Tabelle 1 ersichtlich. Zusätzlich wurden die Veränderungen im Messverlauf in Abbildung 5 und Abbildung 6 grafisch illustriert. Detaillierte Tabellen zu den Messwerten sind im Anhang angefügt.

Die Baseline der Messungen wurde am 19.05.2020, acht Monate nach dem iSCI Ereignis (18.09.2019), erhoben. Sowohl beim 10MWT als auch beim TUG wurde über die ersten Monate eine Verbesserung beobachtet. Während beim 10MWT auch die letzte Messung eine Steigerung aufzeigte, wurde beim TUG zum Ende eine langsamere Zeit als bei der Baseline gemessen.

Beim 10MWT zeigte sich bei der letzten Messung (15 Monate seit erster Messung) eine Verbesserung von -13s (bzw. +0.25m/s). Der definierte Richtwert von -4s wurde deutlich übertroffen. Die grösste Verbesserung zeigte sich nach sechs Monaten mit -16s (bzw. +0.38m/s).

Beim TUG wurde bei der letzten Messung (16 Monate seit erster Messung) eine Verschlechterung von +9s beobachtet. Der definierte Richtwert von -19s wurde klar nicht erreicht. Bei den zuvor erhobenen Messungen war jedoch eine Verbesserung ersichtlich, mit der grössten Steigerung nach sechs Monaten nach Messbeginn mit -14s.

Tabelle 1
Gemessene Werte 10MWT und TUG

	10MWT		TUG	
	Benötigte Zeit / Geschwindigkeit	Differenz zu erster Messung	Benötigte Zeit	Differenz zu erster Messung
19.05.2020	30s / 0.33m/s	-	30s	-
15.07.2020	26s / 0.38m/s	-4s / +0.05m/s	23s	-7s
12.10.2020	18s / 0.56m/s	-12s / +0.22m/s	18s	-12s
09.11.2020	17s / 0.59m/s	-13s / +0.25m/s	16s	-14s
04.12.2020	14s / 0.71m/s	-16s / +0.38m/s	17s	-13s
30.08.2021	17s / 0.59m/s	-13s / +0.25m/s	-	-
22.09.2021	-	-	39s	+9s

Anmerkung. iSCI Ereignis am 18.09.2019.

Die letzte Messung wurde an zwei unterschiedlichen Tagen durchgeführt.

Abbildung 5
Verlauf 10MWT

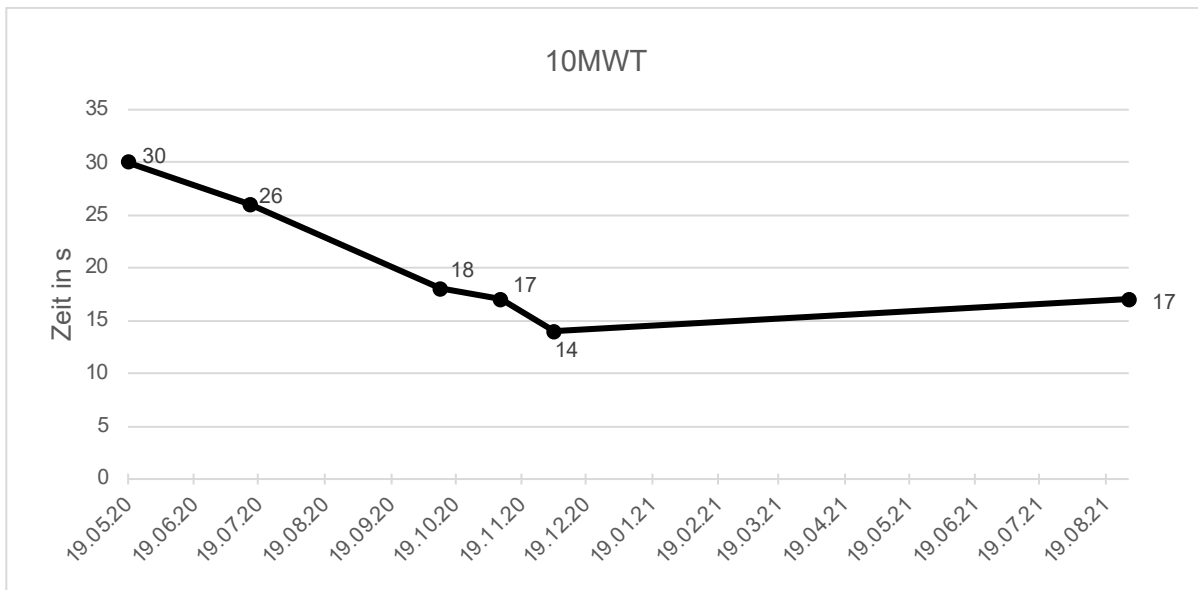
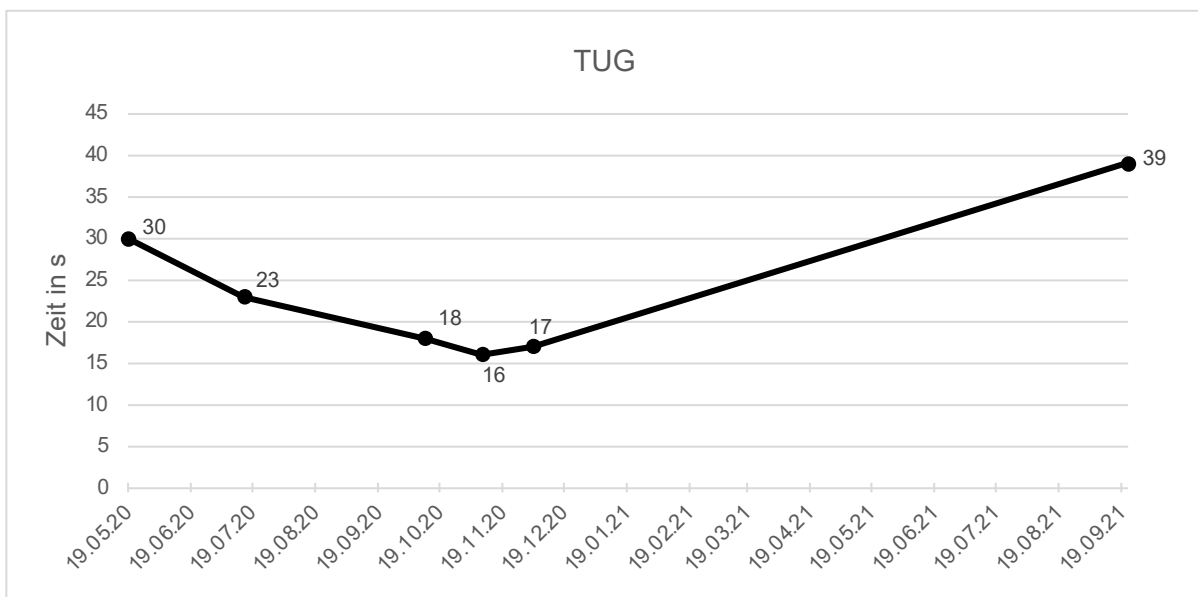


Abbildung 6
Verlauf TUG



5 Diskussion

Folgend werden die Messergebnisse genauer interpretiert und in Bezug auf die definierte Fragestellung geprüft. Es werden mögliche Einflussfaktoren aufgezeigt und deren Gewichtung auf die Ergebnisse dieser Fallstudie beschrieben.

Die Resultate werden mit anderen Studien verglichen und die Limitationen der vorliegenden Arbeit werden aufgezeigt. Transferüberlegungen für die Physiotherapie sowie Empfehlungen für weiterführende Forschung werden am Ende des Kapitels thematisiert.

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Das Ziel dieser Arbeit war es die Forschungsfrage „Welche Auswirkungen hat das ambulante Training mittels Lokomat bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie auf die benötigte Zeit beim 10-Meter-Gehtest und beim Timed Up and Go Test?“ zu beantworten. Dafür wurde die folgende Hypothese gestellt: „Ein regelmässiges ambulantes Training (drei Mal pro Woche) über eineinhalb Jahre mit dem Lokomat bringt bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie eine klinisch relevante Veränderung.“ Für die Beantwortung der Hypothese wurden die Richtwerte in Anlehnung an erreichte Verbesserungen aus der Studie von Varoqui et al. (2014) frei definiert. Für den 10MWT soll eine Veränderung von +0.24m/s, respektive -4s erreicht werden, für den TUG eine Veränderung von -19s.

Die Messwerte zeigen klar auf, dass sich Herr L. während den ersten Monaten des Trainings stetig verbesserte und die besten Werte der beiden Assessments sechs Monate nach Messbeginn (=14 Monate nach iSCI Ereignis) erreicht wurden.

Während die benötigte Zeit beim 10MWT bis zur letzten Messung leicht langsamer wurde, konnte der von den Autoren definierte Richtwert dennoch erreicht werden.

Die Verbesserung bei der letzten Messung war -13s, der definierte Richtwert -4s.

Beim TUG wurde bei der letzten Messung allerdings eine schlechtere Zeit erzielt als bei der Baseline und der definierte Richtwert wurde somit klar nicht erreicht. Die letzte Messung war +9s langsamer als die erste Messung und der Richtwert wurde bei -19s gesetzt.

Da nur einer der beiden Richtwerte erreicht wurde, muss die Hypothese als falsch erachtet werden. Auf einen möglichen Grund, weshalb der Richtwert des 10MWT erreicht wurde und derjenige des TUG nicht, wird in Kapitel 5.3 eingegangen.

5.2 Einflussfaktoren

Die Hauptdiagnose von Herrn L. ist eine inkomplette Paraplegie unterhalb Thorakale 7, klassifiziert als AIS C (siehe Kapitel 2.3.5). Die Ursache davon ist eine akute Aortendissektion, welche Herr L. am 18. September 2019 erlitt.

Relevante Einflussfaktoren für die Verschlechterung der gemessenen Assessments sind die Nebendiagnosen. Die Nebendiagnosen von Herrn L. sind das am 07. August 2020 diagnostizierte metastasierende und stenosierende Kolonkarzinom, die multiplen kleinen, spät-subakuten Hirninfarkte in der rechten Hemisphäre als Folge der Aortendissektion und der Diabetes mellitus Typ II.

In den folgenden Unterkapiteln wird erläutert, was von der Heilung einer iSCI zu erwarten sein kann und inwieweit sich Herr L. theoretisch davon erholen könnte. Zudem gehen die Autoren genauer auf die Nebendiagnosen ein und begründen deren Zusammenhang auf die Resultate der Assessments.

5.2.1 Heilungschancen

Die Heilungschancen einer iSCI AIS C sind gemäss Spiess et al. (2009) gut. In deren Studie zeigen über 70% der als initial klassifizierten AIS C Patientinnen und Patienten bei einer nach sechs Monaten erneut durchgeführten Klassifizierung ein AIS D auf. Laut einer Studie von Kirshblum et al. (2004) ist eine Verbesserung zu einer Klassifizierung von AIS D auch nach fünf Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von 20.2% nicht ausgeschlossen.

Die letzte Klassifizierung von Herrn L., welche den Autoren zur Verfügung steht, wurde am 08. April 2020 durchgeführt. Die Autoren können daher über die Klassifizierung zum Ende der Fallstudie keine Aussage machen. Eine Veränderung der Klassifizierung bei Herrn L. ist jedoch nicht grundlegend auszuschliessen, denn der aufrechte aktive Stand und das aufrechte Gehen ist ihm möglich. Bei beidem muss gegen die Schwerkraft gearbeitet werden, was voraussetzt, dass die dabei benötigten Muskeln bei der manuellen Muskelfunktionsprüfung einen Wert von mindestens Grad 3 haben müssen. Denn ein Grad 3 bedeutet, dass die Bewegung gegen die Schwerkraft möglich ist. Anhand der AIS Grade, welche im Kapitel 2.3.5 beschrieben wurden, muss unser Patient in den Kennmuskeln, welche für das aufrechte aktive Stehen und für den aufrechten Gang benötigt werden, mindestens eine Muskelfunktion von Grad 3 aufweisen. Es könnte, hinsichtlich der vom 23.

Februar 2021 dokumentierten Gehdistanz von 300 Metern, möglich sein, dass Herr L. zu diesem Zeitpunkt bereits ein AIS D hat. Die durchgeführten Assessments, 10MWT und TUG, können ebenso ein Indiz dafür sein.

5.2.2 Kolonkarzinom

In Kapitel 3.2 wurde die schwerwiegende Nebendiagnose des Kolonkarzinoms thematisiert. Die Diagnose und die deswegen durchgeführte Chemotherapie mit Folfoxiri können einen grossen Einfluss auf die Gehfähigkeit von Herrn L. haben und somit auch die Messergebnisse dieser Fallstudie stark beeinflussen. Seit dem 20. August 2020 wird Herr L. aufgrund des Kolonkarzinoms mit Chemotherapie in einem 12 Wochen-Zyklus therapiert. In einem Abstand von zwei Wochen erhält Herr L. die Medikation. Somit hat Herr L. während der gesamten Zeit der Fallstudie, den Interventionen und den Testungen Chemotherapie erhalten. Folglich ist mit möglichen Nebenwirkungen zu rechnen.

Gemäss dem Ratgeber der Krebsliga «Rundum müde – Fatigue bei Krebs» kann sowohl die Krebskrankheit als auch die Chemotherapie Müdigkeit bei Patientinnen und Patienten hervorrufen. Dabei steht bei Krebskrankheiten die Fatigue im Vordergrund, welche auch nach keiner vorausgehenden Belastung auftreten kann (Fleischmann et al., 2017).

Die Fatigue kann bei Herrn L. demnach einen Einfluss auf die Ergebnisse des 10MWT und des TUG gehabt haben. Das lässt sich jedoch durch die Einsicht der Autoren in die zur Verfügung stehenden Dokumente nicht bestätigen oder widerlegen, da bei Herrn L. keine Fragebögen bezüglich der Fatigue erhoben wurden. Weitere Nebenwirkungen der Chemotherapie können laut dem National Comprehensive Cancer Network (NCCN) (2021) zudem Nausea, Inappetenz, Diarrhö, Hyposensibilität in den Fingern und Füßen oder die palmoplantare Erythrodyssästhesie (PPE) sein. Diese können bei der Einnahme von Folfoxiri auftreten und einen Einfluss auf die Ergebnisse des 10MWT und des TUG haben. Ebenfalls nicht zu vernachlässigen ist der starke Einfluss einer schwerwiegenden Diagnose, wie das Kolonkarzinom UICC Stadium IVc, auf die Psyche. Mögliche Auswirkungen können ein sozialer Rückzug, Stimmungsschwankungen oder sonstige psychische Belastungen sein. Allenfalls geht damit auch eine Reduktion der Mobilität im Alltag und der Motivation für das Training einher. Revigo teilte den

Autoren mit, dass Herr L. die Assessments im Laufe der Zeitspanne dieser Arbeit immer weniger durchführen wollte, da diese ihm aufzeigten, wie sein Fortschritt aufgrund der Krebserkrankung vermehrt abnahm. Dies erklärt auch, weshalb die Assessments gegen Ende unregelmässiger durchgeführt wurden.

Aufgrund der fehlenden Fragebögen oder Assessments können die Autoren den Einfluss des Kolonkarzinoms und der Nebenwirkungen der Chemotherapie weder bestätigen noch widerlegen. Es lässt sich nur erahnen, dass Herr L. durch das Kolonkarzinom und die Chemotherapie stark geschwächt war und sich der 10MWT sowie der TUG bei der letzten Messung aufgrund der vermuteten Fatigue stark verschlechtert haben.

5.2.3 Weitere Nebendiagnosen

Herr L. erlitt im Rahmen der Aortendissektion multiple, kleine spät-subakute Hirninfarkte. Hirninfarkte kommen weltweit bei jeder vierten Person vor und sind eine der häufigsten Ursachen für eine Beeinträchtigung. In vielen Fällen führen sie zum Tod (Campell & Khatri, 2020). Eine mögliche Folge eines Hirninfarkts ist die eingeschränkte Gehfähigkeit. Dies bedeutet, dass nicht nur die iSCI verantwortlich für die verminderte Gehfähigkeit von Herrn L. sein kann, sondern dass auch die Infarkte einen Einfluss haben können. Die Autoren verzichten auf eine Vertiefung dieses Bereichs, da keine weiteren detaillierten Informationen über die Diagnose und dessen Verlauf sowie die Auswirkung der Hirninfarkte vorhanden sind.

Der Diabetes mellitus Typ II wurde bei Herrn L. im November 2020 diagnostiziert. Die für diese Arbeit, von den Autoren als relevant erachteten, möglichen Folgen des Diabetes mellitus Typ II sind die vermehrt auftretende Müdigkeit, die Schwäche oder die Polyneuropathie, welche die Leistung des Patienten dieser Fallstudie vermindert haben könnten. Dieser Bereich wird ebenfalls nicht vertieft, da den Autoren über die Behandlung und den Verlauf des Diabetes mellitus Typ II bei Herrn L. keine Informationen zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse im 10MWT und TUG können sowohl durch die Hirninfarkte als auch durch den Diabetes mellitus Typ II und deren Folgen beeinflusst werden.

5.3 Unterschied Resultate von 10MWT und TUG

Durch die mögliche Verschlechterung des Gesundheitszustandes von Herrn L. aufgrund der oben erwähnten Nebendiagnosen lassen sich die schlechteren Ergebnisse zum Schluss der Fallstudie erklären. Folglich stellt sich die Frage, weshalb der 10MWT zum Ende der Messung nur leicht schlechter, der TUG hingegen sogar schlechter als zu Beginn der Baseline wurde.

Labruyère und van Hedel (2014) beschreiben, dass die Kraft der unteren Extremität gut mit der Gehfähigkeit korreliert. Somit hat eine Reduktion der Kraft einen negativen Einfluss auf die Gehgeschwindigkeit sowohl im 10MWT als auch im TUG. Der 10MWT misst aber lediglich die Geschwindigkeit beim Gehen. Die Probandin oder der Proband befindet sich bereits zu Beginn der Messung im Stand und für den Weg ins Ziel können alle nötigen Kompensationen eingesetzt werden. Allfällige Defizite fallen bei der kurzen Strecke von zehn Metern nicht gross ins Gewicht. Beim TUG wiederum wird ein Kraftdefizit der unteren Extremität deutlich mehr auffallen. Besonders zu Beginn des Assessments beim Aufstehen aus dem Stuhl, aber auch beim Absitzen zum Schluss hat die Probandin oder der Proband einen hohen Kraftaufwand. Beim Drehen während dem Assessment wird zudem viel Koordination und Kognition benötigt, wodurch bei einer Verschlechterung des Allgemeinzustandes der Probandin oder des Probanden beim TUG mit einem grösseren Zeitverlust zu rechnen ist.

5.4 Vergleich mit anderen Studien

Die Autoren haben keine Fallstudie gefunden, welche das Lokomat-Training bei iSCI Patientinnen und Patienten über einen langen Zeitraum untersucht und somit direkt mit der vorliegenden Arbeit verglichen werden könnte. Folgend werden die Messwerte dieser Fallstudie mit randomisiert kontrollierten Studien verglichen, welche das Training über eine kürzere Dauer durchgeführt haben. Für die Vergleiche werden nur Studien hinzugezogen, welche ebenfalls chronische iSCI Patientinnen und Patienten (> 12 Monate seit Ereignis) untersuchten, die einen AIS Grad C oder D aufwiesen. Damit ein Vergleich gemacht werden kann, werden lediglich Studien gewählt, welche mindestens den 10MWT oder den TUG als Verlaufszeichen verwendet haben.

Varoqui et al. (2014) haben in ihrer Studie das Lokomat-Training im Vergleich zu

keiner Intervention über vier Wochen untersucht. Die Probandinnen und Probanden verbesserten sich im 10MWT um +0.08m/s und beim TUG um -6.32s. Die erste Messung nach Baseline wurde bei Herrn L. erst nach 57 Tagen, also fast nach acht Wochen erhoben. Da dies die früheste Messung ist, werden diese Werte dennoch für den Vergleich verwendet. Hier zeigte sich bei Herrn L. im 10MWT eine Steigerung von +0.05m/s und beim TUG eine Verbesserung von -7s. Im Vergleich zu den Probandinnen und Probanden bei Varoqui et al. (2014) schnitt Herr L. beim 10MWT somit schlechter ab und auch beim TUG ist davon auszugehen, dass nach vier Wochen die Verbesserung noch nicht so gross war und daher ebenfalls schlechter als bei Varoqui et al. (2014) ausfällt.

Auch Niu et al. (2014) untersuchten in ihrer Studie das Lokomat-Training im Vergleich zu keiner Intervention über vier Wochen. Die Probandinnen und Probanden in ihrer Studie erzielten beim 10MWT eine deutlich grössere Verbesserung von +0.132m/s. Im TUG allerdings erzielte diese Gruppe lediglich eine Verbesserung von -1.64s.

Field-Fote und Roach (2011) untersuchten in ihrer randomisiert kontrollierten Studie das Lokomat-Training im Vergleich zu konventionellem Gehtraining (Overground Training) und zu körpergewichtsentlastendem Laufbandtraining über drei Monate. Beim Lokomat-Training konnte über diese Zeit aber keine signifikante Verbesserung bei der Gehgeschwindigkeit im 10MWT aufgezeigt werden.

Lam et al. (2015) führten ihre Studie ebenfalls über drei Monate durch. Hier wurde das Lokomat-Training im Widerstand-Modus, wo den Probandinnen und Probanden während dem Gehen ein Widerstand durch die Maschine vorgegeben wird, mit einem Unterstützungs-Modus, wo der Lokomat die Bewegung des Gehens unterstützt, verglichen. In beiden Trainingsgruppen wurde über die drei Monate eine Verbesserung der Gehgeschwindigkeit im 10MWT von +0.10m/s beobachtet. In der am nächsten liegenden Messung nach vier Monaten und 23 Tagen, zeigte Herr L. eine deutlich bessere Steigerung von +0.22m/s.

Das am längsten durchgeführte Training wurde in der Studie von Piira et al. (2019) untersucht. Die Probandinnen und Probanden trainierten über sechs Monate am Lokomat und die Ergebnisse wurden mit der konventionellen Therapie verglichen. Dabei wurde in der Lokomat-Gruppe eine Verbesserung der Gehgeschwindigkeit im

10MWT von +0.2m/s erreicht. Herr L. zeigte nach sechs Monaten und 15 Tagen seinen besten Wert mit einer Steigerung von +0.38m/s.

Während in den verglichenen Studien jeweils eine randomisiert kontrollierte Studie mit mehreren Probandinnen und Probanden durchgeführt wurde, wurden in der vorliegenden Arbeit nur die Werte von einem einzelnen Patienten untersucht. Der direkte Vergleich ist daher nur begrenzt aussagekräftig. Dennoch ist es auffällig, wie Herr L. nach einem Monat noch etwas schlechter abschnitt wie in den verglichenen Studien, sich dann aber deutlich mehr steigerte als die Probandinnen und Probanden der anderen Studien.

Die erreichten Verbesserungen in den publizierten Studien sind sehr unterschiedlich. Es gibt aber viele Studien, welche die Evidenz des Lokomat-Trainings bei iSCI Patientinnen und Patienten darlegen möchten. Hier finden sich wiederum viele Unterschiede sowohl in der Auswahl der Population (Zeit seit Ereignis des SCI), der Kontrollgruppe (Vergleich mit welcher Trainingsmethode), den Trainingsparametern, als auch im effektiven Endergebnis.

In einem Literatur Review vergleichen Nam et al. (2014) zehn Studien und versuchen die oben erwähnten Unterschiede etwas aufzugliedern. Bei Patientinnen und Patienten in der akuten Phase des iSCI (< sechs Monate nach Ereignis) zeigte sich beim Lokomat-Training eine signifikante Verbesserung sowohl in der Kraft der unteren Extremität, in der funktionellen Gehfähigkeit als auch in der Unabhängigkeit im Alltag im Vergleich zu konventionellem Gehtraining (Overground Training). Bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten (> ein Jahr nach Ereignis) wurden Verbesserungen in der Gehgeschwindigkeit und im Gleichgewicht im Vergleich zu keiner Intervention aufgezeigt. Beim Vergleich zu anderen Therapieformen wurde jedoch kein signifikanter Unterschied gemessen, weder in der Gehdistanz, der Muskelkraft, noch der funktionellen Gehfähigkeit. Auch der Patient der vorliegenden Fallstudie, Herr L., zählt zu den chronischen iSCI Patienten und zeigte eine Verbesserung in der Gehgeschwindigkeit. Aufgrund der Resultate von Nam et al. (2014) ist aber fraglich, wie diese Ergebnisse im Vergleich zu einer anderen Intervention stehen würden.

Auch Piira et al. (2019) beschreiben, dass keine Verbesserung bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten (> zwei Jahre seit Ereignis) mit Lokomat-Training im Vergleich zu konventioneller Physiotherapie erreicht wurde. Weder auf die

Gehgeschwindigkeit (10MWT), die Ausdauer (6MWT) noch die Kraft (LEMS) wurden signifikante Unterschiede aufgezeigt.

Labruyere und van Hedel (2014) erklären, dass bei iSCI Patientinnen und Patienten die komplexe Muskelkoordination grösstenteils intakt bleibt, während vor allem die Muskelkraft abnimmt. Sie verglichen bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten das Lokomat-Training mit einem reinen Krafttraining für die unteren Extremitäten und zeigten auf, dass die Gruppe, welche nur Krafttraining erhielt, eine höhere maximal Geschwindigkeit im 10MWT erlangte als die Lokomat-Gruppe. Sie gehen daher davon aus, dass das Lokomat-Training vor allem in der akuten Phase eine wichtige Rolle spielt. Für das Verbessern der Gehfähigkeit während der chronischen Phase scheint der Aufbau der Muskelkraft eine grössere Bedeutung zu haben.

Es gibt eine starke Evidenz für den Einfluss vom Lokomat-Training auf die Gehgeschwindigkeit bei iSCI Patientinnen und Patienten. Zu diesem Fazit kommen Alashram et al. (2021) nach ihrem Literatur Review. Sie beschreiben allerdings auch, dass das Lokomat-Training keinen signifikant besseren Einfluss auf die Gehgeschwindigkeit hat als konventionelles Gehtraining (Overground Training) oder das Training mit einem Ergometer. Die Empfehlung von Alashram et al. (2021) ist, dass das Lokomat-Training als Ergänzung zu konventioneller Physiotherapie verwendet wird.

5.5 Transferüberlegungen für die Physiotherapie

In Anbetracht der in dieser Arbeit beschriebenen Fallstudie und dem Vergleich mit anderen Studien lässt sich kein signifikanter Vorteil für das Lokomat-Training bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten gegenüber anderen Therapieformen aufzeigen. In den verschiedenen Studien, welche in Kapitel 2.4.3 und Kapitel 5.4 erwähnt werden, werden widersprüchliche Resultate aufgezeigt. Der Vergleich des Lokomat-Trainings mit der konventionellen Physiotherapie zeigt keinen signifikanten Unterschied auf. Erfahrungsgemäss kann mit dem Lokomat durch die hohe Gewichtsentlastung und durch die 100-prozentige Übernahme des Gangzyklus sehr früh begonnen werden. Durch die frühzeitige Aufnahme des Lokomat-Trainings in der akuten Phase einer Querschnittlähmung kann die erhöhte Neuroplastizität genutzt werden. Das hat zur Folge, dass bei einem repetitiven funktionellen

Gehtraining die Wiederherstellung der Muskelrekrutierung und das physiologische Gangmuster schneller erreicht werden kann. Für die Physiotherapie bedeutet das, dass vor allem in der akuten Phase, innerhalb der ersten sechs Monate nach dem Eintritt einer inkompletten Querschnittlähmung, mit dem Lokomat trainiert werden soll.

Labruyere und van Hedel (2014) weisen darauf hin, dass in der chronischen Phase die Muskelkraft trainiert werden soll. Die chronische Phase beginnt ein Jahr nach dem Ereignis, welches zu einer inkompletten Paraplegie geführt hat. Somit soll bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten mit Hilfe von angepasstem und gezieltem Krafttraining, wie Kraft-Ausdauer- oder Hypertrophie-Training, die Muskulatur aufgebaut werden. Mit der erhöhten Muskelkraft kann die Fertigkeit Gehen schlussendlich besser gemeistert werden.

Zudem sagen Cheung et al. (2017) aus, dass in der chronischen Phase die Neuroplastizität wieder abnimmt, was das Wiedererlernen von Bewegungen im Vergleich zur akuten Phase erschwert. Durch das Lokomat-Training wird die Abhängigkeit von einer Gehhilfe bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten in dieser Phase somit weniger stark beeinflusst.

Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten sollen dennoch berücksichtigen, dass jegliche Intervention besser ist als keine Intervention (siehe Kapitel 5.4).

Schlussendlich soll jede Patientin und jeder Patient individuell beurteilt werden, um ihr oder ihm die bestmögliche Behandlung zu gewährleisten. Dabei soll die Schwere der Verletzung, die Heilungschance und die momentane Belastungsgrenze der Patientin oder des Patienten miteinbezogen werden. Die Intensität der Therapie soll von der behandelnden Physiotherapeutin oder dem behandelnden Physiotherapeuten beurteilt und immer an die tagesabhängige Form der Patientin oder des Patienten angepasst werden. Der dabei gesetzte Reiz soll adäquat dosiert sein.

Zudem sollen Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten das motorische Lernen beachten. Beim Training mit dem Lokomat wird die Gehbewegung ständig repetiert und die Aufgabe, welche der Patientin oder dem Patienten gestellt wird, bleibt immer die gleiche. Für das motorische Lernen ist es jedoch wichtig, dass eine Bewegung wiederholt wird, die Aufgabe aber immer wieder anders gestaltet wird. Denn erst dann kann die Aufgabe oder die Fertigkeit in einem komplexeren Umfeld mit

externen Störfaktoren, zum Beispiel beim Gehen auf der Strasse oder an einem Bahnhof, ausgeführt werden. In diesen Situationen besteht die Anforderung, dass das Gangbild automatisiert ist, damit Dual-Task Aufgaben gelöst werden können. Zu erwähnen ist, dass die Inhalte der Therapien der Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten mit denen des interdisziplinären Teams abgestimmt sein sollen, um mögliche Doppelbehandlungen zu vermeiden. Dies ermöglicht eine effiziente Therapie und ein schnelles Erreichen der im Zentrum stehenden Ziele der Patientin oder des Patienten.

5.6 Limitationen

Die vorliegende Arbeit hat die Stärke, dass die Fallstudie über eine Zeitspanne von eineinhalb Jahren durchgeführt wurde. Dieser lange Zeitraum hebt die Fallstudie von bisher publizierten Studien ab. Die vorliegende Arbeit weist jedoch einige Limitationen auf. Diese werden von den Autoren in methodische und inhaltliche Limitationen aufgeteilt.

5.6.1 Methodische Limitationen

Wie in Kapitel 3.1 erwähnt wird, zeigt eine Fallstudie immer nur einen einzelnen Fall auf und die Ergebnisse können somit nicht generalisiert werden.

Die zu Beginn der Fallstudie regelmässig durchgeführten Assessments wurden mit der Zeit immer unregelmässiger erhoben (siehe Tabelle 1). Folglich wurden die Messungen innerhalb von eineinhalb Jahren nur sechs Mal durchgeführt und die Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten für die Analyse war begrenzt. Der Vergleich der Resultate mit früher publizierten Studien wurde dadurch erschwert. Eine weitere Limitation ist es, dass die Gang-Assessments mit keinen Fragebögen kombiniert wurden. Um eine Aussage über die Gehfähigkeit bei iSCI Patientinnen und Patienten machen zu können, empfehlen Lam et al. (2007) den 10MWT mit dem WISCI II zu kombinieren. In dieser Fallstudie wurden weder Fragebögen zur Gehfähigkeit noch zu Aktivitäten des täglichen Lebens (engl. activities of daily living, ADL) miteinbezogen. Somit kann eine Aussage über die Gehfähigkeit des Patienten dieser Fallstudie nur aufgrund des 10MWT und des TUG gemacht werden.

Weiter wurden keine Kraftmessungen der unteren Extremitäten miteinbezogen. Labruyère und van Hedel (2014) beschreiben in ihrer Studie, dass die Kraft der unteren Extremitäten stark mit der Gehfähigkeit korreliert. Anhand der Muskelfunktionsprüfung kann zudem die AIS Klassifizierung gemacht werden. Da kein 6-Minuten-Gehtest durchgeführt wurde, kann auch keine Aussage über die Ausdauer während dem Gehen gemacht werden.

Herr L. besuchte neben dem ambulanten Lokomat-Training zusätzlich die konventionelle Physiotherapie. Der Inhalt dieser Therapie ist den Autoren nicht bekannt und kann die Ergebnisse verfälschen.

Die für die Beantwortung der Hypothese definierten Richtwerte (siehe Kapitel 3.3) wurden von den Autoren frei definiert. Es gab keine Studien, welche das Training

ebenfalls über eine Zeit von eineinhalb Jahren untersuchten und daher gibt es keine Richtwerte, welche als Referenz benutzt werden konnten. Darüber hinaus fanden die Autoren keine Studien, welche Probandinnen und Probanden über einen gleich langen Zeitraum untersuchten. Dies erschwerte die Analyse und Interpretation der Ergebnisse zusätzlich.

5.6.2 Inhaltliche Limitationen

Die in Kapitel 5.2 als Einflussfaktoren aufgelisteten Nebendiagnosen sind den Autoren lediglich durch das Lesen der Arztberichte bekannt. Sie wurden daher rein subjektiv von den Autoren miteinbezogen und deren Folgen sind weder messbar noch auf Fragebögen oder weitere schriftliche Dokumentationen gestützt. Die Einflussfaktoren sollten daher lediglich als Hinweise auf einen möglichen Einfluss auf die Resultate der Assessments verstanden werden.

Diese Arbeit erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es besteht die Möglichkeit, dass trotz systematischer Recherche weitere aussagekräftige Studien oder andere Quellen existieren, welche nicht berücksichtigt wurden.

5.7 Empfehlung für weiterführende Forschung

Die in Kapitel 5.6 aufgeführten methodischen Limitationen sollen in zukünftigen Studien berücksichtigt werden. Zusätzlich sind einige weitere Empfehlungen für weiterführende Forschungen hervorzuheben. Die im vorherigen Abschnitt aufgezeigte inhaltliche Limitation lässt darauf schliessen, dass bei weiteren Studien die Nebendiagnosen und deren möglichen Folgen mittels Fragebögen mitevaluiert werden sollen. Dadurch kann deren Einfluss auf das Ergebnis der Studie objektiv erfasst werden und bleibt so nicht als ungeklärter Einflussfaktor bestehen.

In weiteren Fallstudien sollen Fragebögen bezüglich der Gehfähigkeit im Alltag (WISCI II) und über die ADL-Tätigkeiten (SCIM) inkludiert werden. So können die Resultate der zeitbasierten Gang-Assessments, wie zum Beispiel dem 10MWT, evidenzbasiert gestützt werden.

Es zeigt sich bei bereits publizierten Studien eine grosse Heterogenität bezüglich der Inklusionskriterien der Probandinnen und Probanden. Die Autoren dieser Arbeit empfehlen, dass bei zukünftigen Studien eine homogene Population bezüglich der AIS-Klassifikation, Zeit seit Ereignis, Läsionsniveau, Gehfähigkeit, anderen zusätzlichen Therapien und wenn möglich Einflussfaktoren ausgewählt wird. Somit können die Limitationen reduziert und die Aussage über die Wirksamkeit für eine bestimmte Populationsgruppe genauer getroffen werden.

Zudem sollen die Probandinnen und Probanden über einen längeren Zeitraum begleitet und dokumentiert werden, um zu einem aussagekräftigen Ergebnis zu kommen, ob das Lokomat-Training hilft oder nicht. Dabei sollen die Testungen vor und nach dem Training gemacht werden und in regelmässigen Abständen dazwischen. Zudem ist es empfehlenswert eine Follow-up-Messung durchzuführen, um den Langzeiteffekt des Trainings zu evaluieren. Bei der vorliegenden Arbeit und auch bei den von den Autoren inkludierten Studien wurden Follow-up-Messungen nicht durchgeführt.

Bei den Einstellungen am Lokomat empfehlen die Autoren, dass diese, wie die Gewichtsentlastung und die assistierende Kraft für die Schrittbewegung, durch die Therapeutin oder den Therapeuten auf einem Minimum gehalten werden, damit die Probandin oder der Proband adäquat gefordert wird. Die Kontrollgruppe soll dabei in gleichem Ausmass gefordert und therapiert werden.

6 Fazit

Die Querschnittlähmung ist mit einer Inzidenz von 40 bis 80 Fällen pro Million Einwohner pro Jahr ein Problem von grosser Relevanz. In der vorliegenden Arbeit wird die Wirksamkeit der Therapie eines chronischen iSCI Patienten mit robotergestütztem Gehtraining mittels Lokomat untersucht. Die verwendete Fragestellung lautet: „Welche Auswirkungen hat das ambulante Training mittels Lokomat bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie auf die benötigte Zeit beim 10-Meter-Gehtest und beim Timed Up and Go Test?“

Mit einem von den Autoren definierten Richtwert soll die folgende Hypothese untersucht werden: „Ein regelmässiges ambulantes Training (drei Mal pro Woche) über eineinhalb Jahre mit dem Lokomat bringt bei einem Patienten mit inkompletter Paraplegie eine klinisch relevante Veränderung.“

Durch die vorliegenden Resultate der durchgeführten Fallstudie von Herrn L. konnte zu Beginn eine stetige Verbesserung der Gehfähigkeit im 10MWT und TUG aufgezeigt werden. Gegen Ende der Fallstudie wurde die benötigte Zeit bei beiden Assessments wieder schlechter. Da der Richtwert bei den zuletzt durchgeführten Messungen nur beim 10MWT erreicht wurde, muss die definierte Hypothese verworfen werden. Mögliche Gründe können die diversen Nebendiagnosen von Herrn L. oder eine der aufgeführten Limitationen dieser Arbeit sein. Des Weiteren wird in der Literatur die Evidenz des alleinigen Lokomat-Trainings bei chronischen iSCI Patientinnen und Patienten als schwach beschrieben. Empfohlen wird, das Lokomat-Training als Ergänzung zu konventioneller Physiotherapie einzusetzen. Den aktuellen Stand der Wissenschaft vom Lokomat-Training bei SCI Patientinnen und Patienten fassen Alsharam et al. (2021) wie folgt zusammen:

„The preliminary findings demonstrate strong evidence for the influences of the Lokomat on gait speed in individuals with SCI. We propose that the Lokomat is not superior in improving gait speed compared with the OGT and the Bike interventions. There is strong evidence for the effects of combined RAGT 'Lokomat' and CPT on mobility, walking distance, and muscle strength, and moderate evidence for the impacts of RAGT 'Lokomat' alone on mobility, walking distance, and muscle strength.“ (S. 268)

Literaturverzeichnis

- Aach, M., Meindl, R., Geßmann, J., Schildhauer, T., Citak, M. & Cruciger, O. (2015). Exoskelette in der Rehabilitation Querschnittgelähmter. *Der Unfallchirurg*, 118(2), 130–137. <https://doi.org/10.1007/s00113-014-2616-1>
- Alashram, A. R., Annino, G. & Padua, E. (2021). Robot-assisted gait training in individuals with spinal cord injury: A systematic review for the clinical effectiveness of Lokomat. *Journal of Clinical Neuroscience*, 91, 260–269. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.07.019>
- Alcobendas-Maestro, M., Esclarín-Ruz, A., Casado-López, R. M., Muñoz-González, A., Pérez-Mateos, G., González-Valdizán, E. & Martín, J. L. R. (2012). Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(9), 1058–1063. <https://doi.org/10.1177/1545968312448232>
- Bickenbach, J., Biering-Sørensen, F., Knott, J., Shakespeare, T., Stucki, G., Tharion, G. & Wee, J. (2013). Querschnittlähmung verstehen. In J. Bickenbach, A. Officer, T. Shakespeare & P. von Groote (Hrsg.), *Querschnittlähmung - Internationale Perspektiven* (S. 3–11). WHO Press. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94192/WHO_NMH_VIP_13.03_ger.pdf
- Bickenbach, J., Boldt, I., Brinkhof, M., Chamberlain, J., Cripps, R., Fitzharris, M. & Wing, P. (2013). Querschnittlähmung - global betrachtet. In J. Bickenbach, A. Officer, T. Shakespeare & P. von Groote (Hrsg.), *Querschnittlähmung - Internationale Perspektiven* (S. 11–41). WHO Press. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94192/WHO_NMH_VIP_13.03_ger.pdf
- Campbell, B. C. V. & Khatri, P. (2020). Stroke. *The Lancet*, 396(10244), 129–142. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)31179-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)31179-x)

- Cheung, E. Y., Ng, T. K., Yu, K. K., Kwan, R. L. & Cheing, G. L. (2017). Robot-Assisted Training for People With Spinal Cord Injury: A Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(11), 2320–2331.e12. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.05.015>
- Esclarín-Ruz, A., Alcobendas-Maestro, M., Casado-Lopez, R., Perez-Mateos, G., Florido-Sanchez, M. A., Gonzalez-Valdizan, E. & Martin, J. L. R. (2014). A Comparison of Robotic Walking Therapy and Conventional Walking Therapy in Individuals With Upper Versus Lower Motor Neuron Lesions: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(6), 1023–1031. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.12.017>
- Field-Fote, E. C. & Roach, K. E. (2011). Influence of a Locomotor Training Approach on Walking Speed and Distance in People With Chronic Spinal Cord Injury: A Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy*, 91(1), 48–60. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090359>
- Fleischmann, I., Schlumpf, E. & Schweizerische Krebsliga. (2017). *Rundum müde - Fatigue bei Krebs*. Krebsliga Schweiz.
- Hocoma. (2017, 28. November). *LokomatPro Module*. Abgerufen am 30. November 2021, von <https://www.hocoma.com/de/losungen/lokomat/module/#FreeD>
- Hocoma. (2020, 15. April). *Pressebilder*. Abgerufen am 4. Dezember 2021, von <https://www.hocoma.com/de/mediencenter/pressebilder/>
- Hocoma. (2021, 9. März). *Lokomat®*. Abgerufen am 30. November 2021, von <https://www.hocoma.com/de/losungen/lokomat/>
- Jackson, A., Carnel, C., Ditunno, J., Read, M. S., Boninger, M., Schmeler, M., Williams, S. & Donovan, W. (2008). Outcome Measures for Gait and Ambulation in the Spinal Cord Injury Population. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 31(5), 487–499. <https://doi.org/10.1080/10790268.2008.11753644>

- Kirshblum, S., Millis, S., McKinley, W. & Tulskey, D. (2004). Late neurologic recovery after traumatic spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(11), 1811–1817. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.03.015>
- Labruyère, R. & van Hedel, H. J. A. (2014). Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-4>
- Lam, T., Noonan, V. K. & Eng, J. J. (2007). A systematic review of functional ambulation outcome measures in spinal cord injury. *Spinal Cord*, 46(4), 246–254. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3102134>
- Mehrholtz, J., Harvey, L. A., Thomas, S. & Elsner, B. (2017). Is body-weight-supported treadmill training or robotic-assisted gait training superior to overground gait training and other forms of physiotherapy in people with spinal cord injury? A systematic review. *Spinal Cord*, 55(8), 722–729. <https://doi.org/10.1038/sc.2017.31>
- Merriam, S. B. & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation* (4. Aufl.). John Wiley & Sons.
- Musselman, K. E., Fouad, K., Misiaszek, J. E. & Yang, J. F. (2009). Training of Walking Skills Overground and on the Treadmill: Case Series on Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*, 89(6), 601–611. <https://doi.org/10.2522/ptj.20080257>
- Nam, K. Y., Kim, H. J., Kwon, B. S., Park, J. W., Lee, H. J. & Yoo, A. (2017). Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0232-3>
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN). (2021). *NCCN Guidelines for Patients Colon Cancer*. National Comprehensive Cancer Network (NCCN).

- Niu, X., Varoqui, D., Kindig, M. & Mirbagheri, M. M. (2014). Prediction of gait recovery in spinal cord injured individuals trained with robotic gait orthosis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1), 42. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-42>
- Piira, A., Lannem, A., Sørensen, M., Glott, T., Knutsen, R., Jørgensen, L., Gjesdal, K., Hjeltne, N. & Knutsen, S. (2019). Robot-assisted locomotor training did not improve walking function in patients with chronic incomplete spinal cord injury: A randomized clinical trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 51(5), 385–389. <https://doi.org/10.2340/16501977-2547>
- Poncumhak, P., Saengsuwan, J., Kamruecha, W. & Amatachaya, S. (2012). Reliability and validity of three functional tests in ambulatory patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 51(3), 214–217. <https://doi.org/10.1038/sc.2012.126>
- Reinkensmeyer, D. J. & Dietz, V. (2016). *Neurorehabilitation Technology* (2nd ed. 2016 Aufl.). Springer.
- Revigo. (2021, 11. Februar). *REVIGO Innovative Rehabilitation*. Abgerufen am 29. November 2021, von <https://www.revigo.ch/>
- Robert, R. (2016). Neurorehabilitation Technology. In D. J. Reinkensmeyer & V. Dietz (Hrsg.), *Technology of the Robotic Gait Orthosis Lokomat* (S. 395–407). Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2277-7>
- Roberts, T. T., Leonard, G. R. & Cepela, D. J. (2017). Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 475(5), 1499–1504. <https://doi.org/10.1007/s11999-016-5133-4>
- Rubin, M. (2018, September). *Rückenmarksinfarkt*. MSD Manual Profi-Ausgabe. <https://www.msmanuals.com/de/profi/neurologische-krankheiten/erkrankungen-des-r%C3%BCckenmarks/r%C3%BCckenmarksinfarkt#>

- Schädler, S., Kool, J., Lüthi, H., Marks, D., Oesch, P., Pfeffer, A. & Wirz, M. (2006). *Assessments in der Neurorehabilitation*. Hans Huber.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2018a). *Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem* (5. Aufl.). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-006-149643>
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2018b). *Prometheus LernAtlas der Anatomie - Kopf, Hals und Neuroanatomie* (5. Aufl.). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-006-149644>
- Scivoletto, G., Tamburella, F., Laurenza, L., Foti, C., Ditunno, J. F. & Molinari, M. (2011). Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. *Spinal Cord*, 49(6), 736–740. <https://doi.org/10.1038/sc.2010.180>
- Spiess, M. R., Mueller, R. M., Rupp, R., Schuld, C. & van Hedel, H. J. (2009). Conversion in ASIA Impairment Scale during the first year after traumatic spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*, 110306202455053. <https://doi.org/10.1089/neu.2008-0760>
- Strömer, S. (2010). 16.2.1 Ärztliche Therapie und Diagnostik. In K. Brüggemann, S. Laschke, A. Pape, K. Scheidtmann, S. Strömer, C. Wittmann, D. Wulf, A. Hüter-Becker & M. Dölken (Hrsg.), *Physiotherapie in der Neurologie* (3. Aufl., S. 266–296). Georg Thieme Verlag.
- Trepel, M. (2017). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (7. Aufl.). Elsevier.
- van Hedel, H. J., Wirz, M. & Dietz, V. (2005). Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: Validity and reliability of 3 walking tests. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.02.010>

Varoqui, D., Niu, X. & Mirbagheri, M. M. (2014). Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1).
<https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-46>

Wirz, M., Mach, O., Maier, D., Benito-Penalva, J., Taylor, J., Esclarin, A., Dietz, V. & The EMSCI Network. (2017). Effectiveness of Automated Locomotor Training in Patients with Acute Incomplete Spinal Cord Injury: A Randomized, Controlled, Multicenter Trial. *Journal of Neurotrauma*, 34(10), 1891–1896.
<https://doi.org/10.1089/neu.2016.4643>

Zäch, G. A. & Koch, H. G. (2006). *Paraplegie: Ganzheitliche Rehabilitation*. Karger.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Wirbelsäule.....	6
Abbildung 2: Knöcherner Aufbau Wirbelkörper	6
Abbildung 3: Verlauf Rückenmark in Wirbelsäule	7
Abbildung 4: Lokomat von Hocoma	16
Abbildung 5: Verlauf 10MWT	28
Abbildung 6: Verlauf TUG.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gemessene Werte 10MWT und TUG.....	27
---	----

Abkürzungsverzeichnis

6MWT	6-Minuten-Gehtest
10MWT	10-Meter-Gehtest
ADL	engl. activities of daily living = Aktivitäten des täglichen Lebens
AIS	ASIA Impairment Scale
ASIA	American Spinal Cord Association
EQ-5D	European Quality of Life 5 Dimensions
FAC	Functional Ambulation Categories
FIM-L	Functional Independence Measure bezüglich der Mobilität beim Gehen und im Rollstuhl
iSCI	inkomplette Querschnittlähmung (Incomplete spinal cord injury)
ISCoS	International Spinal Cord Society
ISNCSCI	International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury
KAFO	“knee ankle foot orthosis”
LEMS	Lower-Extremity Motor Scores
NCCN	National Comprehensive Cancer Network
PPE	palmoplantare Erythrodysästhesie
SCI	engl. spinal cord injury = Querschnittlähmung
SCIM	Spinal Cord Independence Measure
SPZ	Schweizerisches Paraplegiker Zentrum
TUG	Timed Up and Go Test
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WHODAS	WHO (Weltgesundheitsorganisation) Disability Assessment Schedule
WISCI II	Walking Index for Spinal Cord Injury II
ZNS	zentrales Nervensystem

Wortanzahl

Abstract Deutsch: 194

Abstract Englisch: 235

Arbeit ohne Abstracts: 9'997

Danksagung

Wir danken allen, die uns beim Schreiben dieser Arbeit unterstützt haben. Ein spezieller Dank geht an Frau Dr. Eveline Graf, die uns während des gesamten Arbeitsprozesses beraten und betreut hat. Weiter bedanken wir uns bei Herrn L., welcher seine Geschichte mit uns geteilt und uns seine Daten zur Verfügung gestellt hat. Gerne bedanken wir uns auch bei [REDACTED], welche uns bei Fragen zu Herrn L. zur Verfügung standen, die Trainings und die Assessments durchführten und uns einen Einblick in den Alltag bei Revigo gewährten. Ein herzliches Dankeschön geht ausserdem an [REDACTED] für das aufmerksame Gegenlesen unserer Arbeit.

Eigenständigkeitserklärung

„Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben.“

Carla Fringer

Noah Stierli

Ort, Datum: Winterthur, 28.04.2022

Anhang

A. Glossar

Anorektal	Mastdarm und After betreffend / in der Gegend von Mastdarm und After gelegen
Anthropometrie	Wissenschaft von den menschlichen Körper- und Skelettmerkmalen und deren exakter Bestimmung
aszendierende Myelitis	Aufsteigende Rückenmarksentzündung
Commotio spinalis	Entspricht einer Gehirnerschütterung auf Rückenmarksebene, welche eine Rückbildung der Symptome innerhalb von 72 Stunden mit sich bringt.
Conus medullaris	Der am weitesten caudal gelegene Rückenmarksabschnitt.
Elektrolytverschiebung	Veränderungen der Elektrolytkonzentrationen im Serum oder Plasma. Elektrolyte sind kleine geladene, gelöste Teilchen (Ionen), die entscheidend für die Flüssigkeitsverteilung und den Wasserhaushalt im menschlichen Organismus sind.
Fokal	Von einem Krankheitsherd ausgehend oder einen Krankheitsherd betreffend.
Folfoxiri	Ein kombiniertes Chemotherapie Medikament bestehend aus Leucovorin calcium, Fluorouracil, Oxaliplatin und Irinotecan, welches gewöhnlich zur Behandlung von einem Kolonkarzinom verwendet wird.
Freie Radikale	Freie Radikale sind Zwischenprodukte unseres Stoffwechsels, die ständig in jeder Zelle des menschlichen Körpers entstehen, welche aus Molekülen, Ionen oder Atomen mit einem ungepaarten Elektron. Sie sind hochreaktive, sehr aggressive, chemische Sauerstoffmoleküle oder organische Verbindungen, die Sauerstoff enthalten.

Interrater-Reliabilität	Auch Beobachterübereinstimmung bezeichnet in der Forschung das Ausmass der Übereinstimmungen verschiedener Beobachter. (Auswertungsobjektivität oder Interpretationsobjektivität)
Intrarater-Reliabilität	Bezeichnet in der empirischen Forschung das Ausmass der Übereinstimmung, die ein Beobachter zu verschiedenen Zeitpunkten hinsichtlich eines konstanten beobachteten Kriteriums erzielt.
L-Force	Lokomat-internes Assessment für die Beurteilung der Kraft bei Flexion und Extension in den Hüft- und Kniegelenken
Linearantrieb	Bei Linearantrieben handelt es sich um eine Art von Antrieb, der die Drehbewegung eines Motors in eine lineare oder gerade Druck-/Zugbewegung umsetzt.
Matlab	MATLAB ist eine Plattform für Programmierung und numerische Berechnungen, um Daten zu analysieren, Algorithmen zu entwickeln und Modelle zu erstellen.
Mechatronisches System	Mechatronische Systeme haben eine mechanische Grundstruktur, die je nach geforderter Funktionalität gekennzeichnet durch Eingangsgrössen und Ausgangsgrössen mit mechanischen, elektronischen, magnetischen, thermischen, optischen und weiteren funktionell erforderlichen Bauelementen verknüpft ist.
Membranpermeabilitätsveränderung	Mit dem Begriff Membranpermeabilität bezeichnet die Durchlässigkeit einer Membran bzw. Zellmembran für Flüssigkeiten und die in ihnen gelösten Substanzen. Von einer Membranpermeabilitätsveränderung wird gesprochen, wenn die Durchlässigkeit einer Membran bzw. Zellmembran sich verändert.

Motorische Fähigkeit	Motorik bezeichnet die Gesamtheit aller Steuerungs- und Funktionsprozesse, die der Haltung und Bewegung zugrunde liegen. Zu den motorischen Fähigkeiten wird die Kondition, die Koordination, die Kraft, die Ausdauer und die Schnelligkeit gezählt.
palmoplantare Erythrodyästhesie	Die palmoplantare Erythrodyästhesie (PPE), besser bekannt als das Hand-Fuss-Syndrom (HFS), ist ein Krankheitsbild, das häufig in Zusammenhang mit einer Chemotherapie oder Immuntherapie auftritt.
Redcap	REDCap ist eine sichere Webanwendung zur Erstellung und Verwaltung von Online-Umfragen und Datenbanken.
Retest Reliabilität	Retest Reliabilität bezieht sich auf die Korrelation zwischen zwei Ergebnissen des gleichen Tests, die zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten an derselben Stichprobe erhoben wurden.
Supraspinale Plastizität	Bezeichnet die neuronale Plastizität im Gehirn, welche den Umbau neuronaler Strukturen in Abhängigkeit von ihrer Verwendung beschreibt. Die neuronale Plastizität kann einzelne Nervenzellen oder ganze Hirnareale betreffen. Sie dient dazu, die Funktionen des Nervensystems zu erhalten, anzupassen und ggf. zu erweitern.

B. Detaillierte Tabellen der Messwerte

Daten 10MWT									
Datum	Zeit (in s)	Zeitdifferenz (in s) seit letztem Assessment	Zeitdifferenz (in s) seit erstem Assessment	m/s	Differenz m/s zu letztem A	Differenz m/s zu erstem A	Zeit seit letztem Assessment	Zeit seit erstem Assessment	Kommentar
19.05.20	30	-	-	0.33	-	-	-	-	20,84 mit Rollstuhl / 29,91 mit Rollator
15.07.20	26	-4	-4	0.38	0.05	0.05	57 Tage	57 Tage	00:26:07 mit Rollator
12.10.20	18	-8	-12	0.56	0.17	0.22	146 Tage (4 Monate, 23 Tage)	146 Tage (4 Monate, 23 Tage)	00:17:56 und 00:20:87 mit Ekso Rollator
09.11.20	17	-1	-13	0.59	0.03	0.25	174 Tage (5 Monate, 21 Tage)	174 Tage (5 Monate, 21 Tage)	16.5 und 16.69 Sekunden mit Ekso Rollator
04.12.20	14	-3	-16	0.71	0.13	0.38	199 Tage (6 Monate, 15 Tage)	199 Tage (6 Monate, 15 Tage)	End Assessments Raga 17.44s und 14.31s mit Ekso Rollator
30.08.21	17	3	-13	0.59	-0.13	0.25	468 Tage (15 Monate, 26 Tage)	468 Tage (15 Monate, 11 Tage)	1.Versuch: 00:22:69 2. Versuch: 00:16:89

Daten TUG									
Datum	Zeit (in s)	Zeitdifferenz (in s) seit letztem Assessment	Zeitdifferenz (in s) seit erstem Assessment	m/s	Differenz m/s zu letztem A	Differenz m/s zu erstem A	Zeit seit letztem Assessment	Zeit seit erstem Assessment	Kommentar
19.05.20	30	-	-	-	-	-	-	-	30.38 mit Rollstuhl / 30.41 mit Rollator
15.07.20	23	-7	-7	-	-	-	57 Tage	57 Tage	mit Rollator
12.10.20	18	-5	-12	-	-	-	146 Tage (4 Monate, 23 Tage)	146 Tage (4 Monate, 23 Tage)	schnellerer Wert mit Ekso Rollator
09.11.20	16	-2	-14	-	-	-	174 Tage (5 Monate, 21 Tage)	174 Tage (5 Monate, 21 Tage)	17.75 und 16.41 mit Ekso Rollator
04.12.20	17	1	-13	-	-	-	199 Tage (6 Monate, 15 Tage)	199 Tage (6 Monate, 15 Tage)	17.96 und 16.66s mit Ekso Rollator
22.09.21	39	22	9	-	-	-	491 Tage (16 Monate, 3 Tage)	491 Tage (16 Monate, 3 Tage)	mit eigenem Rollator