

# Motorische Fatigue bei Multipler Sklerose: kinematische Analyse des Gangbildes

Neurol Rehabil 2013; 19 (4): 257 – 260

© Hippocampus Verlag 2013

A. Sehle<sup>1</sup>, A. Mündermann<sup>1,2</sup>, M. Vieten<sup>1</sup>, Ch. Dettmers<sup>3</sup>

## Zusammenfassung

Fatigue ist eines der häufigsten Symptome bei Patienten mit Multipler Sklerose (MS) mit negativen Auswirkungen auf die alltäglichen Aktivitäten sowie wesentlicher Reduzierung der Lebensqualität. Das Ziel dieser Arbeit war eine empirische Untersuchung der motorischen Fatigue mit Hilfe der kinematischen Gangbildanalyse. Hierfür wurden insgesamt 30 Patienten mit MS und Fatigue, 11 Patienten mit MS und ohne Fatigue und 21 gesunden Probanden beim Gehen auf einem Laufband bis zum Erreichen der subjektiven körperlichen Erschöpfung getestet. Dabei wurden Messinstrumente eingesetzt: Video- und 3D-Aufnahmen von Patientenbewegungsabläufen sowie der 6-Minuten-Gehtest (6MGT). Wir konnten deutliche Unterschiede im Gangbild zwischen MS-Patienten mit Fatigue, MS-Patienten ohne Fatigue und gesunden Probanden feststellen. Die Patienten mit Fatigue hatten reduzierte Schrittlängen und Schritthöhen, kleinere Kniewinkel und größere Schrittbreiten, Zirkumduktionen und seitliche Oberkörperschwankungen beim Gehen auf dem Laufband. Somit zeigen die Patienten mit MS mit Fatigue ein verändertes Gangmuster gegenüber Patienten mit MS ohne Fatigue und gesunden Personen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich das Fatigue-Syndrom auf der Gruppenebene objektiv erfassen lässt.

**Schlüsselwörter:** motorische Fatigue, Multiple Sklerose, Ganganalyse, Gangbild

<sup>1</sup> Sportwissenschaft, Universität Konstanz

<sup>2</sup> Orthopädie, Universitätsspital Basel

<sup>3</sup> Kliniken Schmieder Konstanz

## Einleitung

Die meisten MS-Patienten leiden unter einer abnormen körperlichen und kognitiven Erschöpfung, der sogenannten »Fatigue« [11]. »Unter Fatigue ist ein nicht zu beherrschendes Gefühl der Abgeschlagenheit, Erschöpfung, Ermüdung und Energielosigkeit zu verstehen« [12]. Fatigue ist als das am häufigsten auftretende Symptom bei MS-Patienten anerkannt [3]. Bis zu 83% der MS-Betroffenen leiden unter Fatigue [4], und bei 50% bis 60% steht die Erschöpfung im Vordergrund der Beschwerden [2, 7]. Die Erschöpfung ist einer der zwei Hauptgründe für die Arbeitslosigkeit unter MS-Betroffenen [3].

Ream und Richardson [8] definieren Fatigue als ein subjektives, unangenehmes Symptom, das Gefühle von Müdigkeit bis hin zur Erschöpfung vereinigt und das sich störend auf die Fähigkeit eines Patienten auswirkt, mit normaler Kapazität zu fungieren. Bei MS-Kranken beeinflusst die Fatigue nachteilig die Fähigkeiten, tägliche Tätigkeiten zu bewältigen. Es werden die Arbeit, das Ausführen täglicher Aufgaben, die Wahrnehmung von Verantwortungen und die Familie beeinflusst [11]. »Durch Ruhepausen kann die Fatigue nur zum Teil kompensiert werden« [12].

Die Pathophysiologie der Fatigue ist bisher nicht geklärt. »In Betracht kommen vor allem die Strukturschädigungen im Sinne von Demyelinisierung und axo-

naler Schädigung sowie funktionelle Störungen durch neuroendokrine Effekte von Entzündungsmediatoren. Möglicherweise tragen auch sekundäre, peripher oder im Bereich der Muskulatur lokalisierte Störungen zu der vermehrten Erschöpfung bei« [12].

Trotz der hohen Prävalenz dieser Begleiterkrankung und ihrer teilweise verheerenden Folgen gibt es derzeit keine Messinstrumente und Messverfahren, die Fatigue valide und reliabel messen können. Für die Beurteilung des Betroffenheitsgrades durch Fatigue werden momentan lediglich Fragebögen eingesetzt. Die Ergebnisse solcher Befragungen sind rein subjektiv und z.B. bei sozialmedizinischen Fragestellungen im Rahmen von Rentenverfahren nur eingeschränkt brauchbar.

Die vorliegende Studie zielte auf die empirische Untersuchung der motorischen Fatigue mit Hilfe der kinematischen Gangbildanalyse. Hierfür wurde folgende Hypothese aufgestellt: Das Gangmuster der Patienten mit MS mit Fatigue unterscheidet sich signifikant von den Gangmustern der Patienten mit MS ohne Fatigue und denen gesunder Probanden.

## Methode

An den klinischen Untersuchungen nahmen 41 Patienten mit MS und 21 gesunde Probanden (Non-MS) teil (Tabelle 1). Die Patienten mit MS wurden in zwei Gruppen eingeteilt: Patienten mit Fatigue (MS-F) und Pati-

**Motor fatigue in multiple sclerosis: kinematic gait analysis**

A. Sehle, A. Mündermann, M. Vieten, Ch. Dettmers

**Abstract**

Fatigue is one of the most prevalent and disabling symptoms in Multiple Sclerosis (MS). Aim of the study was to assess motor fatigue objectively on a group level by means of a gait analysis. Thirty patients with MS and motor fatigue were investigated, eleven MS patients without fatigue and 21 healthy controls. Motor fatigue was induced on a treadmill. The following assessment tools were used: evaluation of videos by experienced physiotherapists, gait analysis and the 6-minute-walking-test. Patients with fatigue had reduced step size and height, reduced knee flexion angle, extended step width increased maximum circumduction and trunk sway compared to healthy controls and MS patients without fatigue. The study indicates objective assessment of motor fatigue on a group level.

**Key words:** motor fatigue, multiple sclerosis, assessment, gait analysis

Neurol Rehabil 2013; 19 (4): 257–260

© Hippocampus Verlag 2013

enten ohne Fatigue (MS-NF). Diese Einteilung erfolgte aufgrund der eigenen Einschätzung von Patienten hinsichtlich des Fatigue-Symptoms sowie der Beurteilung durch den behandelnden Arzt.

Die Teilnehmer wurden einer körperlichen Belastung auf einem Laufband ausgesetzt (Abbildung 1 und 2). Jeder Proband lief auf dem Laufband entweder bis zum Erreichen der subjektiven körperlichen Erschöpfung (Wert 17 (sehr hart) auf der Borg-Skala [1]) oder maximal 60 Minuten. Mit Hilfe von 3D-Aufnahmen wurden die kinematischen Daten sowie Videos über die Bewegungsabläufe auf einem Laufband vor ( $t_1$ ) und nach der auftretenden Fatigue ( $t_2$ ) gewonnen.

Die kinematischen Daten wurden mit Hilfe des AS200 Systems (80 Hz; LUKOtronic, Lutz Mechatronic Technology e.U., Innsbruck, Österreich) aufgenommen. Wir

| Patienten/Mean $\pm$ 1 SD       | W/M   | Alter (Jahre)  | EDSS           |
|---------------------------------|-------|----------------|----------------|
| MS mit Fatigue-Symptom (MS-F)   | 19/11 | 45,9 $\pm$ 7,3 | 3,75 $\pm$ 1,2 |
| MS ohne Fatigue-Symptom (MS-NF) | 8/3   | 47,0 $\pm$ 7,5 | 2,5 $\pm$ 1,2  |
| Gesunde Probanden (Non-MS)      | 11/10 | 43,0 $\pm$ 8,4 | –              |

Tab.1: Probandencharakteristika

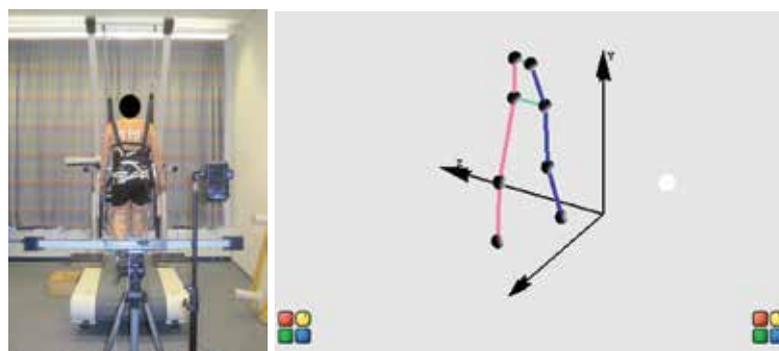


Abb. 1 & 2: links: Experimentverlauf: Gehen eines Probanden auf dem Laufband. Rechts: 3D-Aufnahme von Bewegungsabläufen.

befestigten zehn aktive Infrarotmarker auf der Körperrückseite der Probanden:

- zwei Marker auf den Schuhen auf Höhe der Fersen links und rechts;
- zwei Marker auf Höhe des Sprunggelenks;
- zwei Marker in den Kniekehlen;
- zwei Marker auf dem Haltegurt auf Höhe der höchsten Stelle des Darmbeins;
- zwei Marker mittig auf Margo medialis der Schulterblätter.

Die Videoaufnahmen wurden mit den 3D-Aufnahmen synchron aus zwei Richtungen aufgenommen: von hinten und von seitlich. Gleichzeitig wurde jeder Proband beim Gehen auf dem Laufband zwei Mal auf Video aufgenommen. Die erste in den Messungen aufgenommene Gehminute stellt die Patienten im ausgeruhten Zustand dar. Die zweite Aufnahme wurde am Ende des Tests während der letzten Gehminute durchgeführt.

Für die Interpretation der Videoaufnahmen wurden zwei Physiotherapeuten herangezogen, die jeweils zwei Videos pro Teilnehmer auswerteten. Die Videos wurden für die Auswertungen kodiert und die Reihenfolge randomisiert, so dass die Physiotherapeuten nicht wussten, welches Video am Anfang und welches am Ende aufgenommen wurde. Die Therapeuten hatten die Aufgabe, die Videoaufnahmen zu bewerten und die Videos jeweils dem Beginn und dem Ende des Tests zuzuordnen. Zur Sicherung gegen Stürze mussten die Patienten während der Ganganalyse einen Haltegurt tragen, der so enganliegend und entsprechend befestigt war, dass er den Gang nicht störte. Darüber hinaus absolvierten alle Teilnehmer einen 6-Minuten-Gehtest (6MWT) [6]. Dieser Test wurde an einem anderen Tag durchgeführt.

Für die statistischen Auswertungen wurden folgende Programme herangezogen: StatFree Version 7.0.2.3 (Vieten Dynamics, Universität Konstanz, Deutschland) und Stata Version 11.0 (StatCorp LP, College Station, Texas, USA). Die deskriptiven Analysen von numerischen Variablen erfolgten anhand von Mittelwert, Median, Minimum und Maximum und der Verteilung sowie der Standardabweichung. Die empirische Prüfung der Hypothese wurde mit Hilfe von ANOVA und Post-hoc-Test durchgeführt. Anhand des nichtparametrischen Vorzeichen-Rangtests nach Wilcoxon konnten Hypothesen untersucht werden, für die keine normalverteilte Daten vorlagen. Bei den statistischen Tests wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  gewählt.

**Ergebnisse**

Die kinematischen Analysen des Gangbildes auf der Gruppenebene zeigten, dass die Patienten mit Fatigue sowohl am Anfang als auch am Ende des Tests reduzierte Schrittlängen und Schritthöhen, kleinere Kniewinkel und größere Schrittbreiten, Zirkumduktion und seitliche Oberkörperschwankung gegenüber den zwei Kontrollgruppen hatten ( $p < 0,001$ ).

Außerdem demonstrierten die MS-F-Gruppe eine signifikant reduzierte Gehgeschwindigkeit ( $p < 0,001$ ) und kürzere Gehstrecke ( $p < 0,001$ ) als die MS-NF- und Non-MS-Personen (Tabelle 2). Im 6MGT unterschieden sich die MS-F signifikant nur von den gesunden Probanden ( $p < 0,002$ ). In der MS-F-Gruppe erreichten 29 von 30 Patienten eine vollständige körperliche Erschöpfung auf dem Laufband. Dies war nicht der Fall in den anderen Gruppen.

Es wurden insgesamt 124 Videos von 62 Probanden analysiert. Mit der Fragestellung, die den Therapeuten vorlag, maß das latente Konstrukt »Diagnosegenauigkeit eines Therapeuten«. Da der wahre Wert für alle Messungen vorlag, konnte die Quote der richtig eingeteilten Patienten als Operationalisierung des latenten Konstrukts gelten. Die Videoanalyse wurde von zwei Physiotherapeuten unabhängig voneinander durchgeführt und in der Tabelle 3 dargestellt. In der MS-F-Gruppe konnten die Physiotherapeuten sehr gut die Erschöpfungszustände der Probanden erkennen. Sie haben 58 von 60 Videos in der MS-F-Gruppe richtig eingeteilt. In den anderen Gruppen war es sehr schwierig für sie, die Videos zu bewerten, und teilweise rieten sie, welches Video am Anfang und welches am Ende gemacht wurde. In der MS-NF-Gruppe wurden 10 von 22 Videos und in der Gruppe von gesunden Probanden 30 von 42 Videos richtig zugeteilt.

## Diskussion

An dieser Studie nahmen 62 Probanden teil: 30 Patienten mit MS mit Fatigue, 11 Patienten mit MS ohne Fatigue und 21 gesunden Probanden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass auf der Gruppenebene die MS-Patienten mit Fatigue im Gegensatz zu MS-NF und Non-MS sowohl am Anfang als auch am Ende des Gehens ein anderes Gangbild zeigen. Eine reduzierte Schrittlänge, Schritthöhe sowie kleinerer Kniewinkel deuten auf einen Schutzmechanismus zum Reduzieren des Energieverbrauchs bei Patienten mit Fatigue hin. Diese Annahme wird ebenso durch eine reduzierte Gehgeschwindigkeit bei diesen Patienten bestätigt. Eine größere Schrittbreite, Zirkumduktion sowie Sway des Oberkörpers können als eine Art der Reaktion zur Vermeidung eines Sturzes entstehen. Sacco et al. [9] betätigen unsere Ergebnisse. In ihrer Studie konnten sie ebenso die Unterschiede auf der Gruppenebene im Gangmuster zwischen den MS-Patienten und Kontrollpersonen feststellen.

Interessant waren die Ergebnisse der Vergleiche von den Gehstrecken, die die Probanden zurücklegten. So wurden in der MS-F-Gruppe im Durchschnitt  $1,7 \pm 1,1$  km, in der MS-NF-Gruppe  $4,5 \pm 1,2$  km und in der Non-MS-Gruppe  $5,2 \pm 0,3$  km zurückgelegt. Die Ergebnisse bestätigen, dass die körperliche Leistungsfähigkeit von MS-Patienten mit Fatigue deutlich reduziert ist. Jedoch unterschieden sich die MS-Patienten mit Fatigue im 6MGT lediglich von den gesunden Personen und nicht von den MS-Patienten ohne Fatigue. Somit ist der

| Probanden Mean (1 SD)    | Gehstrecke (km) | Gehgeschwindigkeit (km/h) | 6MGT (km)   | Borgskala  |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|------------|
| MS-F                     | 1,7 (1,1)       | 2,9 (1,3)                 | 0,48 (0,09) | 16,9 (0,4) |
| MS-NF                    | 4,5 (1,2)       | 4,7 (0,5)                 | 0,56 (0,12) | 13,5 (3,9) |
| Non-MS                   | 5,2 (0,3)       | 4,9 (0,2)                 | 0,67 (0,11) | 10,0 (2,5) |
| P-value MS-F vs. MS-NF   | 0,004           | 0,003                     | 0,201       | 0,007      |
| P-value MS-F vs. Non-MS  | 0,000           | 0,000                     | 0,002       | 0,000      |
| p-value MS-NF vs. Non-MS | 0,110           | 0,220                     | 0,314       | 0,127      |

Tab. 2: Zwischen-Gruppenvergleich MS-F vs. MS-NF vs. Non-MS

| MS-F-Gruppe        | Einteilung: richtig | Einteilung: falsch |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| Physiotherapeut I  | 29                  | 1                  |
| Physiotherapeut II | 29                  | 1                  |
| MS-NF-Gruppe       |                     |                    |
| Physiotherapeut I  | 4                   | 7                  |
| Physiotherapeut II | 6                   | 5                  |
| Non-MS-Gruppe      |                     |                    |
| Physiotherapeut I  | 17                  | 4                  |
| Physiotherapeut II | 13                  | 8                  |

Tab. 3: Videoanalyse durch Physiotherapeuten

6MGT nicht geeignet für die Erfassung der motorischen Fatigue.

Dieses Wissen sollte den Patienten und Therapeuten helfen, z. B. den Tagesablauf der Patienten entsprechend anzupassen und somit die Lebensqualität erheblich zu verbessern. Der Patient sollte lernen, seinen momentanen körperlichen Zustand besser einzuschätzen, körperlich schwere Arbeit zu vermeiden sowie rechtzeitig Ruhepausen einzulegen.

Bei der Analyse der Videoaufnahmen von Patientenbewegungsabläufen wurden in den meisten Fällen die Patienten mit Fatigue richtig in die Gruppe vor und nach der Erschöpfung eingeteilt [10]. Dies deutet darauf hin, dass mit einem »geschulten Auge« die auftretende starke Erschöpfung gesehen werden kann. Jedoch bleibt diese Analysenart subjektiv und von vielen Faktoren wie die Erfahrung eines Physiotherapeuten beeinflussbar, weshalb eine objektive Messung von Fatigue wichtig ist.

In dieser Untersuchung konnten wir mit Hilfe von objektiven Messinstrumenten und Messverfahren die Unterschiede im Gangbild zwischen den Probanden auf der Gruppenebene feststellen. In weiteren Studien sollte ein Weg zur objektiven Messung von Fatigue anhand dreidimensionaler kinematischer Untersuchungen des

Gangbildes betroffener Patienten auf der individuellen Ebene verfolgt werden. Solches Verfahren sollte als klinischer Test zum Nachweis von Fatigue auf der individuellen Ebene entwickelt und getestet werden.

### Literatur

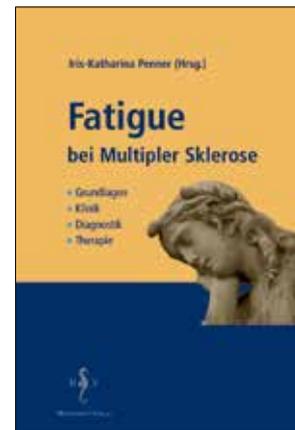
1. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14 (5): 377-381.
2. Fisk JD, Pontefract A, Ritvo PG, Archibald CJ, Murray TJ. The impact of fatigue on patients with multiple sclerosis. *The Canadian journal of neurological sciences Le journal canadien des sciences neurologiques* 1994; 21 (1): 9-14.
3. Guidelines MSCfCP. Fatigue and Multiple Sclerosis. Paralyzed Veterans Association, Washington, DC 1998 (erhältlich unter: [www.pva.org](http://www.pva.org), Stand 01.03.2010).
4. Kluger BM, Krupp LB, Enoka RM. Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: Proposal for a unified taxonomy. *Neurology* 2013, 80 (4): 409-416.
5. Miller CM, Hens M. Multiple sclerosis: a literature review. *Journal of neuroscience nursing* 1993; 25 (3): 174-179.
6. Paul L, Enright MD. The Six-Minute Walk Test. *Respiratory Care* 2003; 48 (8): 783-785.
7. Petajan JH, White AT. Motor-evoked potentials in response to fatiguing grip exercise in multiple sclerosis patients. *Clin Neurophysiol* 2000; 111 (12): 2188-2195.
8. Ream E, Richardson A. Fatigue: a concept analysis. *International journal of nursing studies* 1996; 33 (5): 519-529.
9. Sacco R, Bussman R, Oesch P, Kesselring J, Beer S. Assessment of gait parameters and fatigue in MS patients during inpatient rehabilitation: a pilot trial. *Journal of neurology* 2011; 258 (5): 889-894.
10. Sehle A, Mündermann A, Starrost K, Sailer S, Becher I, Dettmers C et al. Objective assessment of motor fatigue in Multiple Sclerosis using kinematic gait analysis: a pilot study. *J Neuroeng.Rehabil* 2011; 8: 59.
11. Thickbroom GW, Sacco P, Faulkner DL, Kermod AG, Mastaglia FL. Enhanced corticomotor excitability with dynamic fatiguing exercise of the lower limb in multiple sclerosis. *Journal of neurology* 2008; 255 (7): 1001-1005.
12. Zimmermann C, Hohlfeld R. »Fatigue« bei multipler Sklerose. *Der Nervenarzt* 1999; 70 (6): 566-574.

### Interessenvermerk

Es besteht kein Interessenkonflikt

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Christian Dettmers  
Kliniken Schmieder Konstanz  
Eichhornstraße 68  
78464 Konstanz  
E-Mail: [c.dettmers@kliniken-schmieder.de](mailto:c.dettmers@kliniken-schmieder.de)



Iris-Katharina Penner (Hrsg.)

## Fatigue bei Multipler Sklerose

Grundlagen–Klinik–Diagnostik–Therapie

*Hippocampus Verlag,*

*Bad Honnef 2008*

*Hardcover, 184 S., zahlr. Tab. und Abb.*

**€ 49,00; jetzt € 19,90**

*ISBN 978-3-936817-32-4*

Die Fatigue als MS-bedingte Erschöpfung trifft Schätzungen zufolge 7–95 % aller MS-Patienten. Der seitens der Betroffenen subjektiv wahrgenommene Mangel an mentaler und/oder physischer Energie schränkt die Lebensqualität erheblich ein. Fatigue kann zu allen Zeitpunkten der Erkrankung auftreten, ist oftmals ein Initialsymptom und besteht meist während des gesamten Krankheitsverlaufs. Nicht selten sind die Auswirkungen der Fatigue derart gravierend, dass eine deutliche Reduktion des Arbeitspensums oder gar eine Arbeitsunfähigkeit die Folge sind. Obgleich das Wissen um die unterschiedlichen Dimensionen der Fatigue, ihre Prävalenz und Auswirkungen auf die Lebensqualität in den letzten Jahren deutlich angewachsen ist, sind die Erkenntnisse zu Ätiologie und Pathophysiologie nach wie vor dürftig. Das vorliegende Buch hat sich zum Ziel gesetzt, die wissenschaftlichen Erkenntnisse von den Grundlagen über Klinik und Diagnostik bis hin zur Therapie zusammenzutragen und auf diese Weise das Verständnis für das Symptomenspektrum und in letzter Konsequenz für die betroffenen Patienten zu verbessern.

**Für Ärzte, Psychologen, Physiotherapeuten**