



Doctoral Thesis

A multi-modal approach to improve the rehabilitation therapy of bed rest patients

Author(s):

Wieser, Martin

Publication Date:

2011

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007140040> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 20032

A multi-modal approach to improve the rehabilitation therapy of bed rest patients

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
MARTIN JOHANNES WIESER

MSc ETH Zurich
November 19, 1979
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Robert Riener (examiner)
Prof. Lutz Jaencke (co-examiner)
Prof. Peter Achermann (co-examiner)

2011

Abstract

During the last 10 years, the bed capacity for patients treated in Swiss rehabilitation centers has increased by 34.1%. To avoid additional costs, the rehabilitation centers have continued to strengthen their current therapy concepts. Personalized rehabilitation therapies that enhance quality of care and shorten inpatient stays could be one of the solutions to reach this goal. Considering individual needs can optimize training intensity, thereby improving rehabilitation outcomes. This thesis emphasizes contributions to such personalization of rehabilitation therapies using the example of bed rest patients.

In order to objectively evaluate therapies for bed rest patients, a quantitative description of their clinical state was first established. At present, clinical scores represented the gold standard in characterizing their clinical state, despite limited sensitivity, specificity, subjectivity, and inter-rater reliability. In a first feasibility study, objective measures including physiological and neurophysiological signals were used to quantify the clinical state of 13 low-responsive bed rest patients. A linear regression method was applied to obtain fixed regression coefficients to describe the clinical state. A linear mixed models approach was introduced to account for the fact that data sets were originated from different hospitals. Using linear backward regression, 12 variables were sufficient to explain 74.4% of the variability regarding the clinical scores. These preliminary results represent a promising first attempt to generalize and quantify the clinical state of low-responsive bed rest patients. This new model could complement the traditional clinical scores in order to reliably and objectively evaluate individual benefits of different therapy approaches as well as provide modifications for each particular approach. Applying different therapy approaches or modifying one of them support to find an optimal treatment for every patient and therefore, reach the goal of a personalized rehabilitation.

In the second part of the thesis, only one therapy approach was chosen and systematically modified to address the patient's individual needs. It is known that all bed rest patients need some form of treatment to keep their cardiovascular parameters (heart rate, systolic and diastolic blood pressure) within a predefined normal range. Mobilization and body inclination has a major influence on the cardiovascular system. Furthermore, early mobilization of bed rest patients is crucial as it can increase orthostatic tolerance and reduce the risk of secondary problems. This thesis highlights the impact of body inclination and mobilization to cortical activity as well as the cardiovascular system.

Regarding cortical activity, source localization of movement-related potentials in relation to spontaneous EEG showed activity in brain regions classically associated with human gait. A temporal activation and deactivation of the involved brain regions as well as the chronological sequence of the movement-related potentials could be mapped to specific phases of the gait-like

leg movement. Furthermore, the cardiovascular system reacts significantly on inputs given by mobilization and body inclination. Heart rate was quadratically related to normalized height, and diastolic blood pressure linearly related to normalized height. These findings were used to personalize the rehabilitation therapy by developing a control strategy to stabilize the cardiovascular parameters heart rate and blood pressure on predefined desired values. The study demonstrated the feasibility of the method in a clinical environment. The results with two bed rest patients showed that the mean values differed on average less than 0.5bpm from the desired heart rate, 1.6mmHg from the desired systolic blood pressure, and 2.4mmHg from the desired diastolic blood pressure. Compared to daily clinical practice, the results of this last study show a strong potential. However, individual medication, etiologies and other factors can influence the mechanically induced reactions strongly.

The long term goal is to control physiological signals in order to stabilize the patients' cardiovascular system within a predefined range. Furthermore, since this new approach adapts individually to the patients' needs, it has the potential to intensify the personal rehabilitation therapy and therefore reduce the stay in intensive care units. Hence, this thesis is a contribution to enhance as well as improve personalized rehabilitation therapies and concurrently reduce additional costs in the health care sector.

Zusammenfassung

In den letzten 10 Jahren stieg die Bettenkapazität in Schweizer Rehabilitationskliniken um 34.1%. Dieser kontinuierliche Anstieg führte dazu, die Behandlungskonzepte in diesem Bereich stetig zu verbessern, um zusätzliche Kosten zu vermeiden. Auch in Zukunft wird eine noch intensivere und mehr auf den Patienten zugeschnittene Behandlung nötig sein, um mit einer verbesserten Rehabilitationstherapie eine Verkürzung der gesamten Aufenthaltsdauer zu erreichen. Eine optimale Anpassung zwischen Patientenbedürfnissen und Behandlung wird die Therapien intensivieren und den Verlauf der Rehabilitation positiv beeinflussen. Diese Arbeit wird daher Möglichkeiten aufzeigen, welche speziell auf eine „Personalisierung der Rehabilitationstherapie“ von bettlägerigen Patienten zugeschnitten ist.

Um die verschiedenen Therapien für bettlägerige Patienten objektiv evaluieren zu können, wurde zunächst eine quantitative Beschreibung des klinischen Zustandes erarbeitet. Klinische Skalen stellen bis heute den „Goldstandard“ dar, um den klinischen Zustand von bettlägerigen Patienten im appalischen Syndrom zu ermitteln. Leider sind Probleme wie Sensitivität, Spezifität, Subjektivität sowie die Variabilität zwischen den Gutachtern weiterhin ungelöst. In einer ersten Machbarkeitsstudie wurden objektive Messmethoden (physiologische und neurophysiologische Signale) verwendet, um den klinischen Zustand von 13 bettlägerigen Patienten im appalischen Syndrom zu ermitteln. Mit Hilfe der linearen Regression wurden fixe Regressionskoeffizienten für die Beschreibung des klinischen Zustandes errechnet. Zusätzlich wurde die Methode der Linear Mixed Models benutzt, um der Problematik von Messdaten aus unterschiedlichen Spitälern Rechnung zu tragen. Durch eine lineare Rückwärtsregression konnten 12 Variablen ermittelt werden, welche 74.4% der Datenvariabilität beschreiben. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der klinische Zustand dieser Patienten noch nie so global und quantitativ beschrieben wurde, sind diese ersten Ergebnisse sehr vielversprechend. Dieses neue Model könnte damit die klinischen Skalen um einen quantitativen Zusatz ergänzen und so den individuellen Nutzen verschiedener Therapieansätze sowie deren Anpassungen quantitativ vergleichen. Die Erkenntnisse aus dieser Evaluierung könnten in einem zweiten Schritt genutzt werden, um ein optimales Set an Therapien für jeden einzelnen Patienten zusammenzustellen und damit die Therapie zu personalisieren.

Im zweiten Teil dieser Arbeit stand vor allem die systematische Personalisierung einer einzelnen Rehabilitationstherapie im Vordergrund. Alle bettlägerigen Patienten benötigen eine spezielle Therapie, um ihre kardiovaskulären Parameter wie Herzfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck auf einem Normalniveau zu stabilisieren. Mobilisierung und Vertikalisierung haben einen grossen Einfluss auf das kardiovaskuläre System. Zudem ist eine

Frühmobilisierung des Patienten von grosser Bedeutung, um die orthostatische Toleranz zu erhöhen und die daraus entstehenden zusätzlichen Komplikationen zu vermeiden. Diese Arbeit beleuchtet vor allem den Einfluss von Mobilisierung und Vertikalisierung auf die kortikale Aktivität sowie auf das kardiovaskuläre System.

Bezüglich kortikaler Aktivität konnte mit Hilfe einer Quellenlokalisierung von bewegungsbezogenen Potentialen Aktivität in Hirnregionen festgestellt werden, welche klassischerweise mit dem menschlichen Gehen in Verbindung gebracht werden. Zusätzlich konnte in einer zeitlichen Analyse die Aktivierung und Deaktivierung von Hirnregionen sowie die bewegungsbezogenen Potentiale ganz bestimmten Gangphasen zugeordnet werden. Neben dieser kortikalen Aktivität reagierte jedoch auch das kardiovaskuläre System signifikant auf Mobilisierung und Vertikalisierung. Das Verhältnis zwischen Herzfrequenz und Vertikalisierung konnte durch eine quadratische Abhängigkeit beschrieben werden und das Verhältnis von diastolischen Blutdruck zur Vertikalisierung durch eine lineare. Diese Ergebnisse wurden nun verwendet, um die Rehabilitationstherapie zu personalisieren und eine Regelungsstrategie zu entwickeln, welche die kardiovaskulären Signale wie Herzfrequenz und Blutdruck auf ein definiertes Niveau stabilisiert. In einer ersten Machbarkeitsstudie wurde der Einsatz dieser Technologie in einem klinischen Umfeld bestätigt. Die Ergebnisse von zwei bettlägerigen Patienten zeigten, dass der gemessene Mittelwert der Herzfrequenz um 0.5bpm von der gewünschten Herzfrequenz abweicht. Der gemessene systolische Mittelwert des Blutdruckes weicht um 1.6mmHg und der des gemessenen diastolischen Blutdruckes um 2.4mmHg vom gewünschten Wert ab. Im Vergleich zur täglichen klinischen Praxis zeigt sich somit ein sehr grosses Potenzial in den Ergebnissen dieser letzten Studie. Es muss jedoch ebenfalls erwähnt werden, dass individuelle Medikamente, Ätiologien sowie andere Faktoren die mechanisch induzierten Reaktionen stark beeinflussen können.

Die Vision dieser Arbeit ist die Regelung physiologischer Grössen, um das kardiovaskuläre System auf einem Normalniveau zu stabilisieren. Der hier vorgestellte neue Ansatz passt sich an die Bedürfnisse des Patienten individuell an, intensiviert die Therapie und beinhaltet die Möglichkeit, eine Verkürzung der Rehabilitationsdauer zu erreichen. Diese Arbeit leistet damit einen Beitrag, durch individuell angepasste Rehabilitationstherapien zusätzliche Kosten im Gesundheitswesen einzusparen.