

**3. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
17.-18. September 2001 in
Bochum**



**„Ein aktives, dynamisches Stehbrett für die
Frührehabilitation von Querschnittgelähmten“**

R. Rupp, W. Roth
Abteilung Orthopädie II, Stiftung Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg, Heildeberg,
Deutschland
E-Mail: Ruediger.Rupp@ok.uni-heidelberg.de

G. Colombo, R. Schreier
ParaCare, Schweizerisches Behandlungs- und Forschungszentrum der Universitätsklinik
Balgrist, Zürich, Schweiz

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und
Verfahren für die Medizin
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer
ISBN: 3-00-008240-9
Pages: 48-49

Ein aktives, dynamisches Stehbrett für die Frührehabilitation von Querschnittgelähmten

R. Rupp¹, G. Colombo², R. Schreier², W. Roth¹

¹Stiftung Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg

Abteilung Orthopädie II - Direktor Prof. Dr. H.J. Gerner

²ParaCare, Schweizerisches Behandlungs- und Forschungszentrum der Universitätsklinik Balgrist, Zürich - Direktor Prof. Dr. V. Dietz

Ruediger.Rupp@ok.uni-heidelberg.de

EINLEITUNG

Bei inkomplett querschnittgelähmten Patienten besteht nachgewiesenermaßen die Möglichkeit, über ein adäquates Lokomotionstraining auf dem Laufband unter Gewichtsentslastung die Gehfähigkeit [1, 2] und den Allgemeinzustand signifikant zu verbessern. Besonders hervorzuheben sind die Erhöhung der Knochendichte und Minderung der Spastizität [3, 4].

Bedingung für die Anwendung dieser Art der Bewegungstherapie ist eine ausreichende Stabilität des Kreislaufes, da die Patienten in der Lage sein müssen, für eine längere Zeit in der aufrechten Position verweilen zu können. Dieser Grad an Kreislaufstabilität ist allerdings in der Regel in den ersten Wochen nach Eintritt der Rückenmarksläsion (spinaler Schock) nicht gegeben, so dass in der Frühphase unmittelbar nach Verletzung des Rückenmarks beim aktuellen Stand der Technik keine adäquate Bewegungstherapie mit querschnittgelähmten Patienten durchgeführt wird.

Aus diesem Grund haben wir ein neuartiges aktives Stehbrett (Kipptisch) entwickelt, mit dem die Beine von querschnittgelähmten Patienten in einer dem physiologischen Gehen ähnlichen Art im Sinne der Kinematik und Kinetik bewegt werden können. Im Gegensatz zu üblichen Bewegungsschienen [5] soll eine Bewegungswiederholrate vergleichbar der Schrittfrequenz von normalem Gehen möglich sein.

MATERIALIEN UND METHODEN

Das Stehbrett setzt sich aus vielfältigen mechanischen und elektrisch-softwaretechnischen Komponenten zusammen (Abb. 1). Die Basis für den mechanischen Aufbau bildet ein konventionelles, kommerziell verfügbares Stehbrett der Firma gymna. Die Liegefläche dieses Stehbrettes kann motorisch in Höhe (65 - 115 cm) und Neigung (0° - 90°) stufenlos je nach Patientenstatus verstellt werden. Eine Fixierung des Oberkörpers des Patienten erfolgt über einen an der Liegefläche angebrachten Lenden-/Beckengurt. Aus Tierversuchen ist bekannt, dass der Grad der Extension der Hüfte und die schrittzklusbezogene Be- und Entlastung der Fußsohle im besonderen Maße zu einer Aktivierung des spinalen Mustergenerators beitragen. Um die Hüftextension zu erreichen, wurde die Auflagefläche des Stehbrettes derart modifiziert, dass Auflagefläche und

Knie-/Fußteil mittels manueller Verstellmöglichkeit schrittweise um bis zu 20° gegeneinander gekippt werden können. Durch die Verwendung eines speziellen federgedämpften Fußteils wird zum einen eine linear zunehmende Belastung der Fußsohle in der Standphase und eine vollständige Entlastung während der Schwungphase erreicht. Da mit dem Stehbrett längere Therapieeinheiten möglich sein sollen, ist die reizarme Lagerung der direkt bewegten Partien der unteren Extremität von entscheidender Bedeutung. Nach mehreren Versuchen hat sich schließlich die Ankopplung mittels verschließbaren, großflächigen Oberschenkelschalen bewährt. Dieses Ankopplungskonzept in Verbindung mit dem stark limitierten Einbauraum machten einen speziellen Hebelantrieb notwendig: Die Oberschenkelschale wird dabei auf einem rechtwinkligen Hebelarm befestigt und um eine direkt unter dem vorderen Rand der Auflagefläche befindlichen Achse gedreht. Um den axialen Längenausgleich des Schalenarmes während der Bewegung infolge verschobener Hüftgelenk- und Antriebshebelachse auszugleichen und gleichzeitig eine Anpassung an unterschiedlich große Patienten zu erreichen, ist die Oberschenkelschale auf dem Hebelarm mittels einer Rollschiene (Fa. Rollon) um bis zu 530 mm verschieblich gelagert. Die Rotation des Hebelarmes wird über einen spindelgetriebenen Linearzylinder (Fa. Parker-Hannifin, Hub 300mm) erzeugt.

Die Forderung nach einer maximalen Schrittfrequenz von 1,2 Hz stellt besondere Ansprüche an den Antrieb. So muß dieser in der Lage sein, eine Verfahrestrecke des Linearzylinders von 300 mm in weniger als einer halben Sekunde zu erzeugen. Solche Anforderungen sind in der Regel nur mit Servo-Synchronmotoren in Verbindung mit einem Frequenzumrichter zu erfüllen, wobei im Fall des Stehbrettes Servomotoren und Servosteuerungen der Firma Parker-Hannifin (Compax 1070SL) zum Einsatz kommen. Diese Steuerungen lassen durch vielfältige Parametrierungsmöglichkeiten eine universelle Anpassung an den vorliegenden Anwendungsfall zu. Zudem verfügen diese Einheiten über einen Programmspeicher, der einen autarken Betrieb ohne die Notwendigkeit der Steuerung durch eine übergeordnete SPS oder einen PC zuläßt. Somit konnte das Bedienkonzept des Stehbrettes größtenteils durch die Servosteuerungsprogrammierung realisiert werden. Das Programm wertet acht digitale Ein-

/Ausgänge, welche durch ein externes Bedienpult vorgegeben werden, im Sinne einer Ablaufsteuerung aus. Über das Bedienpult können stufenweise verschiedene Grade der Hüftextension/-flexion angefahren und über die Definition von Grenzgraden der Verfahrenweg auf das individuelle Bewegungsausmaß eingestellt werden. Nach Start der kontinuierlichen Bewegungsausführung kann die Geschwindigkeit von Null beginnend in 20 Schritten gesteigert werden, wobei die Driftfreiheit der Antriebsachsen durch Synchronisierung auf eine zentrale Positionsvorgabe über ein serielles Prozeßinterface gewährleistet wird.

ERGEBNISSE

Durch die Möglichkeit, in einem sog. Kurvenspeicher eine beliebige Bewegungssolltrajektorie in den Servosteuerungen abzulegen, wurde eine dem physiologischen Gehen auf dem Laufband entsprechende Hüftkinematik erreicht. Durch die großflächige Ankopplung des Antriebs an die Oberschenkel mittels Auflage-schalen wurde in ersten Vorversuchen eine gute Patientenverträglichkeit erreicht. Eine kreislauffördernde Wirkung des Stehbretttrainings zeichnet sich bei einer aktuell bearbeiteten Pilotstudie mit Gesunden ab.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Mit dem vorgestellten aktiven Stehbrett steht erstmalig eine Vorrichtung zur Durchführung einer physiologischen Bewegungstherapie bei Querschnittgelähmten bereits in der Frührehabilitation zur Verfügung. Ziel die-

ser frühzeitigen Lokomotionstherapie ist nicht nur die Verbesserung der noch instabilen Kreislaufsituation sondern vor allem die physiologische Aktivierung der Lokomotionszentren im Rückenmark. Dies soll zu einer gesteigerten Muskelaktivität führen und so das funktionelle Ergebnis der später folgenden Laufbandtherapie weiter verbessern. Der Nachweis dieser Hypothese soll im Rahmen einer unmittelbar bevorstehenden klinischen Multi-Center Studie erbracht werden.

LITERATURHINWEISE

- [1] Wernig A, Nanassy A, Müller S, Laufband (treadmill) therapy in incomplete paraplegia and tetraplegia, *J Neurotrauma* Vol. 16, p 719-26, 1999
- [2] Dietz V, Wirz M, Jensen L, Locomotion in patients with spinal cord injuries, *Phys Therapy*, Vol. 77, p 508-16, 1997
- [3] de Bruin ED, Frey-Rindova P, Herzog RE, Dietz V, Dambacher MA, Stüssi E, Changes of tibia bone properties after spinal cord injury: effects of early intervention, *Arch Phys Med Rehabil*. Vol. 80, p 214-20, 1999.
- [4] Skold C., Spasticity in spinal cord injury: self- and clinically rated intrinsic fluctuations and intervention-induced changes, *Arch Phys Med Rehabil* Vol. 81, p 144-9, 2000.
- [5] Blauth W, Breitbarth J., Ein neuartige motorisierte dynamische Schiene für das Hüftgelenk, *Unfallchirurg* Vol. 97, p 320-4, 1994



Abbildung 4: Gesamtübersicht der Komponenten des aktiven, dynamischen Stehbretts