

Ludwig Boltzmann-Institut für Elektrostimulation und Physikalische Rehabilitation

(Prim. Univ. Doz. Dr. Dr. H. KERN):

Arbeitsschwerpunkte des Institutes 2006:

Im 5. Projektjahr des **EU-Projekts „RISE“** standen der Abschluss der klinischen Studie sowie die Aufbereitung und Analyse der erfassten Daten im Mittelpunkt. Da das Projekt aufgrund von Verzögerungen im Ablauf der klinischen Studie bis Ende Mai 2006 verlängert wurde, konnte sichergestellt werden, dass alle Patienten die volle geplante Trainingsperiode von zwei Jahren absolvierten. Alle noch ausstehenden Abschlussuntersuchungen der Studienteilnehmer nach zwei Jahren Elektrotherapie wurden im Jahr 2006 durchgeführt.

Von den ursprünglich untersuchten 38 Patienten entsprachen 28 den Einschlusskriterien und wurden in die Studie aufgenommen. Zwanzig Patienten absolvierten das zweijährige Stimulationstraining im Rahmen der Studie. Bei den Abschlussuntersuchungen wurde wieder das komplette neurophysiologische Untersuchungsprotokoll wie bei Eintritt in die Studie durchgeführt, um den Nachweis erbringen zu können, dass etwaige Änderungen in der Querschnittsfläche, Kraftentwicklung, Änderungen im Aufbau und Zusammensetzung der denervierten Muskulatur auf die Wirkung des Elektrostimulationstrainings zurückzuführen sind.

Die Auswertung der Daten bzw. der Vergleich vor und nach dem FES-Training war einer der Arbeitsschwerpunkte im Rahmen des Projektes. Bei den Patienten, welche die volle Studiendauer absolviert hatten, verbesserte sich das Kniestreckmoment von 0,8 Nm vor dem Training auf 9,3 Nm am Ende der Trainingsperiode. Der Querschnitt des M. quadrizeps, gemessen mit Computertomographie, vergrößerte sich um 28% (von 29 cm² auf 37 cm²). Die Analyse der Muskelbiopsien aus dem M. vastus lateralis ergab eine Zunahme des durchschnittlichen Muskelfaserdurchmessers um 45% (von 19,51 µm auf 28,2 µm). Die Auswertung der im Rahmen des RISE Projekts erfassten Daten wird auch im folgenden Jahr weitergeführt.

Im Jahr 2006 fanden im Rahmen des RISE Projektes zwei wissenschaftliche Arbeitstagungen mit allen am Projekt beteiligten Partnern statt (Mai 2005 in Murnau und September 2006 in Wien). Bei diesen Treffen wurden im Rahmen des Konsortiums die ersten Ergebnisse des Projekts diskutiert, Daten zwischen den Partnern ausgetauscht und das Projekt abgeschlossen.

Arbeiten im Rahmen des **Interreg III A-Projektes „Medizintechnische und sportwissenschaftliche Kooperation Bratislava – Wien“** im Jahr 2006:

Die im Vorjahr begonnene Validation des Ganganalysemessplatzes wurde dieses Jahr abgeschlossen. Als nächster Schritt wurde eine Validierungsmessserie mit gesunden Probanden am adaptierten System im Wilhelminenspital durchgeführt.

Ziel dieser Messserie war, die im Forschungsprojekt verwendeten ganganalytischen Messverfahren auf ihre Stabilität und Wiederholungsgenauigkeit zu testen, um Veränderungen im Gangmuster von Patienten im Allgemeinen und durch Muskelkrafttraining im Speziellen feststellen zu können. Bei zwei aufeinander folgenden Tests konnten keine signifikanten Unterschiede auf dem 5 % Niveau nachgewiesen werden, womit die anfangs gestellte Arbeitshypothese, dass sich die Gangmuster eines Normalkollektivs bei zwei in mehrwöchigem Abstand wiederholten Gangtests nicht unterscheiden, als bestätigt betrachtet werden kann.

Die Ganganalyse wird jetzt mit Ende des Projektes bereits routinemäßig als diagnostisches Hilfsmittel und zur Beurteilung des Therapiefortschrittes eingesetzt. Sie erlaubt eine wenig zeitaufwendige, verlässliche, objektive und reproduzierbare Beurteilung des Gangbildes und somit ein ökonomischeres Therapiemanagement.

Der neu entwickelte Prototyp einer mit Linearmotoren gesteuerten Legpress ist in der klinischen Testphase. Gegenwärtig sind folgende Trainingsmodi implementiert und werden von den Kooperationspartnern in Bratislava getestet: - Isokinetischer Mode, - Reziproker Mode, - Schwingender Mode. In den nächsten Jahren sollen Schritt für Schritt die zahlreichen diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten des Gerätes genutzt und damit sukzessive die Effektivität in Diagnostik und Training im Rehabilitationsbereich gesteigert werden.

Das isokinetische Fahrrad, bisher nur an Sportlern eingesetzt, wurde für die Messung und das Training von Patienten mit Funktionseinschränkungen an der unteren Extremität angepasst. Erst damit wurde ein Einsatz in der Rehabilitation möglich. Wie die Pilotstudie mit Patienten aus unterschiedlichen Kollektiven zeigt, ist das Messsystem ein zuverlässiges Instrument zur Erfassung von Asymmetrien der Muskelleistung an der unteren Extremität. Darüber hinaus ist mit demselben Gerät ein effektives und sicheres Training der Beinmuskulatur möglich.

Als logischer nächster Schritt wurden die beiden oben beschriebenen Mess- und Trainingssysteme Laufbandganganalyse und isokinetisches Fahrradergometer kombiniert zur Untersuchung folgender Fragestellung eingesetzt: Welche Rolle spielt die Muskelleistung für ein symmetrisches Gangbild?

Bei den bisher durchgeführten Probemessungen und Auswertungen zeigte sich durchwegs eine Übereinstimmung in Asymmetrie des Gangmusters und muskulärem Leistungsdefizit im Seitenvergleich der beiden Beine. Je geringer die Asymmetrie der Muskelleistung am Fahrrad, desto harmonischer und symmetrischer waren auch die Werte in der Ganganalyse.

Das Projekt „Medizintechnische und sportwissenschaftliche Kooperation Bratislava-Wien“ (Abschluss 31.12.2006) hat einen wertvollen grenzüberschreitenden Austausch von „Know-how“ und Wissenstransfer aus der Sportwissenschaft in den Bereich der Rehabilitation ermöglicht. Die im Projekt gewonnenen neuen Erkenntnisse tragen wesentlich zur Objektivierbarkeit von Therapien sowie zur Ökonomisierung des Therapiemanagements bei maximalem Benefit für die Patienten bei.

In einem neuen Interreg IIIA Projekt mit einer Laufzeit bis 31.05.2008 unter dem Titel „Verbesserung der Mobilität bei postoperativer Funktionsstörung (“funktionelle Lähmung“) bei älteren Patientinnen mit Kniegelenkersatz“ soll nun die nach Knieoperation auftretende Muskelschwäche näher erforscht und auf das vorangegangene Interreg IIIA Projekt aufbauend neue Therapiemethoden entwickelt werden.

Auch im Jahr 2006 wurde die klinische Studie im Rahmen des **Impulsprogramm Projektes** des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie **„Mobilisierung spastisch gelähmter Patienten“** in Kooperation mit dem Institut für Biomedizinische Technik und Physik, Universität Wien (Prof. W. Mayr) und der Fa. Otto Bock fortgesetzt.

Alle an der Studie teilnehmenden Patienten trainierten mit dem Gürtel-Stimulator-System. Bereits acht der zehn Patienten konnten mit Hilfe der über die Elektrostimulation aktivierten Muskulatur im Rollbaren oder Rollator gehen. Ein weiterer Patient begann gerade mit dem Steh- und Gehtraining.

Im Durchschnitt zeigte sich in den computertomographischen Aufnahmen des Oberschenkelquerschnitts ein Zuwachs der Muskelquerschnittsfläche und Dichte sowie bei den funktionellen Tests eine Zunahme des Kniestreckmoments.

Die im Training mit den Patienten ermittelten Stimulationssequenzen zur Generierung eines möglichst physiologischen Gangmusters wurden laufend weiterentwickelt und im Heimtraining von den Patienten angewendet. Da sich abhängig von der körperlichen Verfassung des Patienten die optimalen Sequenzen ändern, ist eine individuelle Anpassung in regelmäßigen Zeitabständen notwendig.

Fünf der zehn Patienten aus der Gruppe ohne Vortraining haben das Training im Rahmen der Studie bereits beendet und sämtliche Abschlussuntersuchungen (ident mit den Einschlussuntersuchungen) absolviert. Die verbleibenden fünf Patienten werden voraussichtlich bis Mitte 2007 die Studie beenden.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt war die Fortführung unserer Studien der nervalen Kontrolle der Lokomotion (**Human Neurocontrol of Locomotion**). Die an unserem Institut entwickelte Methodik der transkutanen elektrischen Rückenmarkstimulation wurde 2006 weiterentwickelt. Diese basiert auf einfachen, über Rücken und Bauch in einer bestimmten Position angebrachten Oberflächen-Klebeelektroden und nutzt Stimulatoren, wie sie in der Elektrotherapie üblich sind.

Im Rahmen von zwei Mitte 2006 angelaufenen Projekten (Medizinisch Wissenschaftlicher Fonds des Bürgermeisters der Bundeshauptstadt Wien; Wings for Life Spinal Cord Research Foundation) untersuchten wir die Wirkung der Oberflächen-Rückenmarkstimulation in der Rehabilitation von querschnittsgelähmten Patienten mit spastischer Paraplegie. Probanden mit inkompletter Querschnittläsion wurden systematisch untersucht. Der Schwerpunkt lag zunächst beim Nachweis des Effektes der Oberflächen-Rückenmarkstimulation. Nach einer Dauerstimulation von einer halben Stunde konnte wiederholt eine signifikante Reduzierung der Spastik der gelähmten Beine nachgewiesen werden. Dieser Effekt hielt zwei bis sechs Stunden an. Weiters konnte eine Verbesserung der motorischen Kontrolle bei definierten Willkürmanövern festgestellt werden. Die individuellen Untersuchungsabschnitte wurden nicht nur klinisch bewertet, auch die elektromyographischen (EMG) Aktivitäten der Beinmuskulatur wurden abgeleitet. Letztere wurden mittels spezieller, im Zuge der Studien entwickelter Auswertungsalgorithmen analysiert. Zwei von drei Probanden konnten die Spastikminderung und die gesteigerte Mobilität auch beim Gehen (mit Hilfsmitteln) umsetzen: sie bewältigten den funktionellen 10-Meter-Test um bis zu 40% schneller.

Mit derselben Methode der Oberflächen-Rückenmarkstimulation lassen sich bei Applikation einzelner Stimuluspulse auch Muskeleigenreflexe in den Beinen auslösen. Diese neu entdeckten Reflexe nannten wir nach ihrem Entstehungs- und Ableitort „posterior root-muscle reflexes“ (PRM reflexes). Die PRM-Reflexe sind physiologisch dem H-Reflex ähnlich. Die Entdeckung des H-Reflexes hat seit Anfang des 20. Jahrhundert die Neurophysiologie und die Neurodiagnostik maßgeblich beeinflusst. Nach der klassischen Methode ist jedoch die Voraussetzung beim Menschen zur Ableitung des H-Reflexes nur an wenigen Muskeln gegeben. Mittels der Oberflächen-Rückenmarkstimulation lassen sich jedoch PRM-Reflexe in praktisch allen Muskeln der Beine auslösen, und zwar gleichzeitig und beidseitig und sogar während einer Bewegung – etwa beim Gehen. Diese völlig neue Methode zur Erforschung der zentralen Kontrolle der Fortbewegung sowohl in Gesunden als auch in Personen mit motorischen Funktionsstörungen war ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschung im Berichtsjahr.

Darüber hinaus beschäftigten wir uns mit der basiswissenschaftlichen Erforschung der Lokomotionszentren im menschlichen Rückenmark. Diese Lokomotionszentren sind Nervenverbände im unteren Rückenmark (Lumbalmark), welche durch oszillatorische Aktivität und gegenseitige Hemmung den Grundrhythmus der Beuge- und Streckmuskeln beim Gehen erzeugen. Ziel unserer Tätigkeit ist ein besseres Verständnis der Funktion der spinalen Schaltmechanismen bei der Generierung rhythmischer Muskelaktivität der Beine.

Im Berichtsjahr gab es mit folgenden Instituten **wissenschaftliche Kooperationen**: Institut für Biomedizinische Technik und Physik, Universität Wien (Prof. Dr. W. Mayr); Forschungsinstitut für Orthopädiotechnik (Dr. J. Kastner); Institut für Sportwissenschaften, Universität Bratislava (Prof. Dr. D. Hamar); Institut für Medizinische Statistik, Universität Wien (Prof. Dr. P. Bauer); Department of Human Anatomy and Cell Biology, University of Liverpool (Prof. Dr. S. Salmons); Department of Experimental Biomedical Sciences, University of Padua (Prof. U. Carraro); Institut für Anatomie, Universität Wien (Prof. Dr. H. Gruber); Institute of Clinical Neurophysiology, University Medical Center Ljubljana (Prof. Dr. M. R. Dimitrijevic); Universitätsklinik Heidelberg, Orthopädie II (Prof. Dr. H. J. Gerner); Institut für Analysis und Scientific Computing (Prof. Dr. F. Rattay); Bundesgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Hamburg (Dr. G. Exner), Bundesgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Tübingen (Prof. Dr. H. P. Kaps); Bundesgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Murnau (Dr. Potulski); Rehabilitationszentrum Weißer Hof (Prim. Dr. K. Schrei); Rehabilitationszentrum Bad Häring (Prim. Dr. H. P. Jonas); University Hospital Landspítali Grensás, Island (Dr. T. Helgason), Centro di Neuroriabilitazione e Ricerca, Villa Magherita (Dr. H. Cerrel-Bazo); Laboratory of Cellular Physiology University of Chieti (Prof. Dr. F. Protasi); Kentucky Spinal Cord Injury Research Center (Susan Harkema, Ph.D.).

Die wissenschaftlichen Aktivitäten dokumentierten sich im Berichtsjahr neben der Durch- und Weiterführung der wissenschaftlichen Projekte in einer Publikation, der Vorbereitung von fünf Publikationen, sowie zwölf eingeladenen Vorträgen und Präsentationen im In- und Ausland.

Neben dem Leiter standen dem Institut im Berichtsjahr fünf hauptberufliche Dienstnehmer sowie freie wissenschaftliche Mitarbeiter zur Verfügung.

Die Finanzierung erfolgte vorwiegend aus Drittmitteln von Forschungsprojekten und privater Förderer und dem allgemeinen Grundbudget der Ludwig Boltzmann-Gesellschaft.

Ludwig Boltzmann Institute of Electrical Stimulation and Physical Rehabilitation

(Prim. Univ. Doz. Dr. Dr. H. KERN):

The main research areas of the Institute in 2006 were:

- the European framework project "RISE" to develop a new rehabilitation method for patients with flaccid paralysis,
- the Interreg IIIa project "Medizintechnische sportwissenschaftliche Kooperation Bratislava – Wien" and the new Interreg IIIa project "Grenzenlos bewegen",
- the project "Mobilisation of spastic paralysed patients" to develop an FES based rehabilitation method for patients with spastic paraplegia, and
- studies on human neurocontrol of locomotion within two projects.

The EU-project "RISE" was, after being extended until end of May 2006, successfully finalized. All final examinations of patients admitted to the program undergoing two years of electrical stimulation training could be completed (20 of initially 28 patients). First results are showing that the knee extension torque increased from 0.8 Nm up to 9.3 Nm after electrical stimulation therapy. The cross-sectional area of the quadriceps muscles increased by 28%, and the mean muscle fiber diameter by 45%, respectively. Data analyses will be continued in 2007.

Within the project "Medizintechnische sportwissenschaftliche Kooperation Bratislava – Wien", we could integrate the adapted measurement system for gait analysis into routine diagnostic application at the Wilhelminenspital. A newly developed linear motor-driven legpress for measurement and training of the lower extremity was tested and is currently used by our partner in Bratislava. At present three different training modes are implemented. The project ended on December 31st, 2006. In the subsequent project "Grenzenlos bewegen" (also in co-operation with the University of Bratislava), our aim is to study the postoperative muscle weakness after replacement of the knee joint and to develop new methods for therapy.

The project „Mobilisation of spastic paralysed patients" was continued in 2006. With the lower limbs activated by electrical stimulation, eight of the ten participants were able to walk with a walker. Computed tomographic measurements revealed an increase of cross-sectional area and density of the thigh muscles. In functional tests we could further demonstrate an improvement of the knee extension torque. In the meantime we have started with the final examinations of the patients. The project is expected to be completed midyear 2007.

"Human neurocontrol of locomotion" was another main topic in 2006. Within two new projects (Medizinisch Wissenschaftlicher Fonds des Bürgermeisters der Bundeshauptstadt Wien; Wings for Life Spinal Cord Research Foundation), we studied the effect of transcutaneous electrical spinal cord stimulation in the rehabilitation of paraplegic patients. First trials demonstrate a reduction of pathological reflex activity and improved voluntary muscle activation in SCI patients. Furthermore, we continued our studies on locomotor centers within the human spinal cord activated by epidural spinal cord stimulation.

