

Bericht 2017/2018

Wissenschaft und Innovation

Liebe Leserin, lieber Leser

Der Balgrist und Balgrist Campus setzen sich mit allen Möglichkeiten dafür ein, die Abklärungen und Behandlungen von Problemen am Bewegungsapparat ständig zu verbessern. Die Voraussetzung, um das bestehende Wissen weiterbringen zu können, ist die vollständige Kenntnis des aktuellen Stands des Wissens. Durch Formulierung und Beantwortung relevanter Fragen kann durch Forschung und Innovation neues Wissen entstehen, was dem Patienten direkt nützt.

Offene Fragestellungen in der Abklärung und Behandlung von Patienten werden durch hochspezialisierte Ärzte, Molekularbiologen, Biomechaniker, Ingenieure, Computer- oder Bewegungswissenschaftler analysiert und Lösungen werden dafür gesucht und gefunden. Neuartige wissenschaftliche Erkenntnisse und Innovationen können zudem – unterstützt von der Balgrist Beteiligungs AG – in Spin-off-Firmen münden, mit dem Ziel des Beschleunigens der angewandten Translation zum Nutzen des Patienten. Mit der erfolgreich realisierten Vision von Prof. Christian Gerber, dem Balgrist Campus, steht eine einzigartige Infrastruktur zur Verfügung, die vom Bund zur «Forschungseinrichtung von nationaler Bedeutung» ernannt wurde.

Tauchen Sie bei der Lektüre unseres Wissenschafts- und Innovations-Berichts in die wunderbare, hochspannende Welt der medizinischen Forschung des Balgrists ein.



Prof. Dr. Mazda Farshad
Ärztlicher Direktor



Dr. Serge Altmann
Spitaldirektor



Thomas Huggler
Geschäftsführer
Balgrist Campus AG

Orthopädie

- Sehnenläsion und Muskeldegeneration: Versuche mit Stammzellen und Medikamenten **6**
- Operationstechnologie: Augmentierte Realität in der Orthopädie **8**
- KIT (Knee Intervention Trial): Früharthrose am Knie – Verlangsamung der Arthroseentwicklung **10**
- Die Hüftabduktoren: Die «Rotatorenmanschette» der Hüfte **12**
- WiseSkin: Fingergespür für Amputationspatienten **14**
- Tumororthopädie: Einführung der «Liquid Biopsy» **16**
- Optimierung konventioneller Platten zu patientenspezifischen Implantaten **18**
- ISPA: Injury Screening and Prevention – Alpine Skiing **20**
- Die Sehne: Ein zentraler Faktor für die gesunde Bewegung des Menschen **22**
- Ein Schritt Richtung personalisierte Therapie des rekonstruierten Muskel-Sehnen-Komplexes **24**

Zentrum für Paraplegie

- Rückenmarksbewegung: Ein potentieller Marker für mechanischen Stress des Rückenmarks **26**
- Gezielte und dynamische Gangtherapie: Balgrist an der Spitze einer europäischen Multicenterstudie **28**
- Die Ganganalyse: Ein diagnostisches Mittel in der Neurologie **30**
- Multi-modale neurophysiologische Beurteilung **32**
- NISCI: Nogo-A-Antikörperhemmung bei Querschnittgelähmten **34**
- STIMO: Epidurale elektrische Stimulation und robotergestützte Rehabilitation **36**
- ZurichMOVE: Sensorbasierte Technologie, die bewegt **38**
- Hochauflösende Bildgebung mit prognostischem Mehrwert **40**
- Rehabilitationsrobotik: Neue Technologien helfen im Alltag und in der Therapie **42**
- Rückenschmerzen mit dem Smartphone erkennen und beobachten: Eine Big-Data-Challenge **44**
- Neuromodulation: Innovative Therapie in der Neuro-Urologie **46**
- CYBATHLON bewegt Mensch und Technik **48**

Radiologie und Anästhesie

- Elastografie: Mit Schallwellen die Qualität von Muskeln und Sehnen ertasten **50**
- «Texture Analysis» bei der Tumordiagnose: Das Muster führt zur Diagnose **52**
- Regionalanästhesie: Neue Technologie ermöglicht Optimierung der Verfahren **54**

Rheumatologie und Chiropraktik

- Experimentelle Rheumatologie: Entwicklung neuer 3D-Zellkultursysteme für Studien zur Pathogenese der Systemischen Sklerose **56**
- Experimentelle Rheumatologie: Neue Therapieansätze für chronische Rückenschmerzen **58**
- Experimentelle Rheumatologie: Untersuchung neuer, epigenetischer Signalwege und Regulationsmechanismen bei Schmerzpatienten **60**
- Verminderte Durchblutung der Rückenmuskulatur als mögliche Ursache von chronischen Rückenschmerzen **62**
- Ein Experiment in der Schwerelosigkeit: Veränderung der Steifigkeit des Rückens bei wechselnder Erdanziehung **64**
- Der Zusammenhang zwischen Gehirnveränderungen und Rückenschmerzen **66**
- Physiotherapie: Behandlungsqualität und Prozessoptimierung **68**

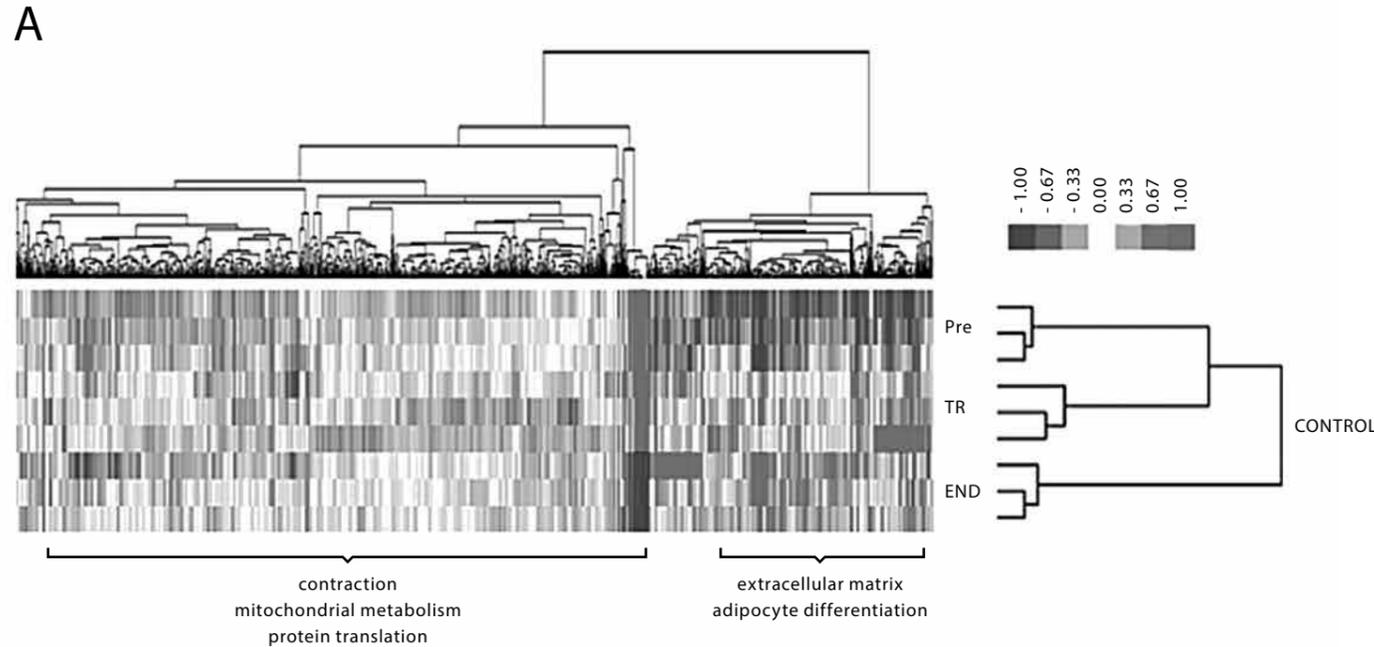
Balgrist Campus AG, Balgrist Beteiligungs AG und Balgrist Tec AG

- Balgrist Campus AG: Forschungseinrichtung von nationaler Bedeutung **70**
- Balgrist Beteiligungs AG: Von der Innovation zum marktfähigen Produkt **72**
- PrognoSyst AG: Patientenspezifische, funktionelle prognostische Simulation **74**
- ZuriMED Technologies AG: Neues Implantat mit synthetischem Knochenmaterial für Behandlung von Kreuzbandrissen **76**
- Balgrist Card AG: Wirbelsäulen-Simulation mit 3D-Knochen und Lancierung von «MyOsteotomy» **78**
- Balgrist Tec AG: Mehr Mobilität für Patienten mit Fussheberschwäche **80**

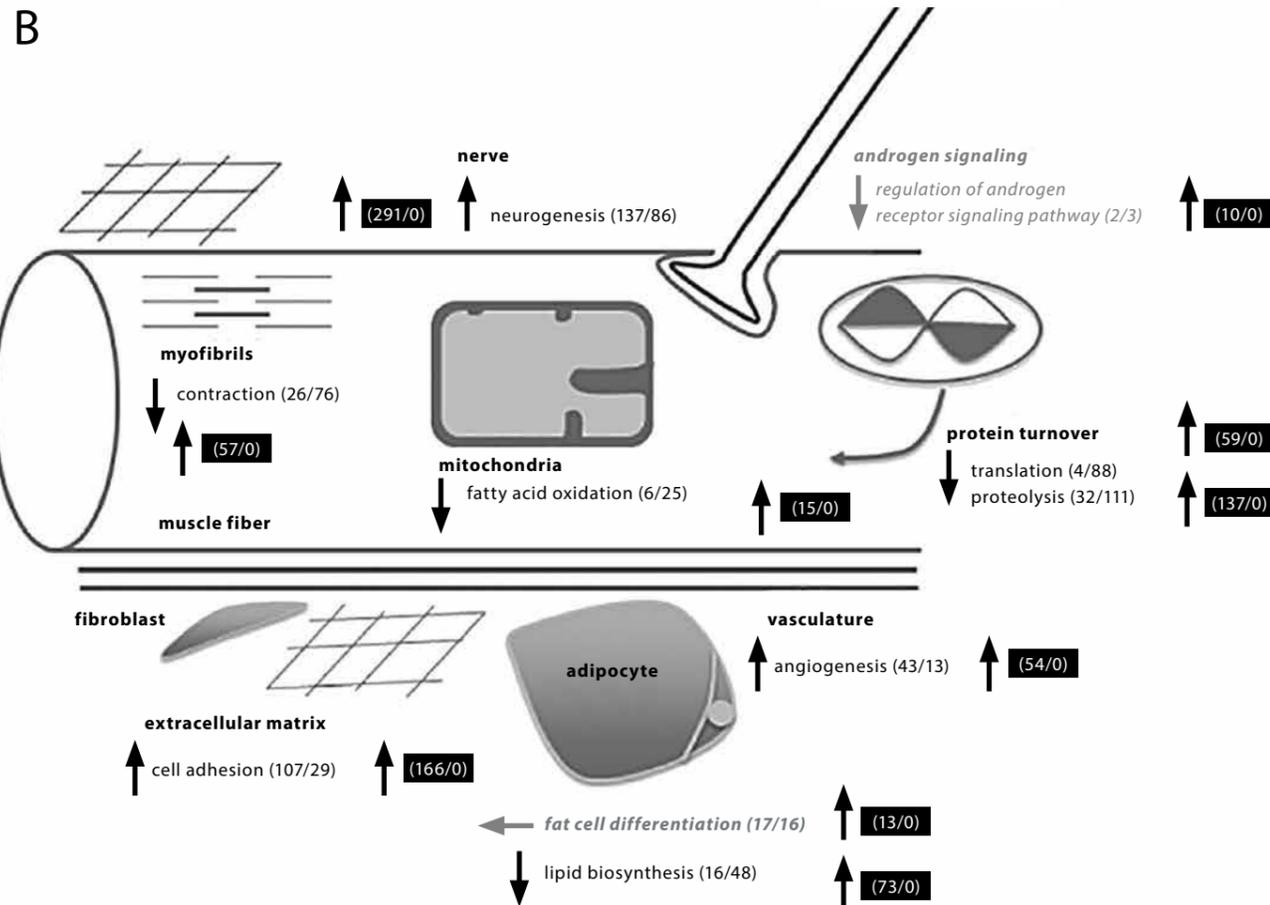
Stiftung und Verein

- Die Balgrist-Stiftung/Der Schweizerische Verein Balgrist **82**

Sehnenläsion und Muskeldegeneration: Versuche mit Stammzellen und Medikamenten



«Heatmap» der Expressionslevel von kontraktilem und extra-zellulären Gentranskriptionen in der Rotatorenmanschettenmuskulatur.



Schematische Darstellung der molekularen Regulation im Degenerationsprozess der Rotatorenmanschettenmuskulatur nach Sehnenriss.

Die Degeneration und Verfettung der Muskulatur nach einem Sehnenriss an der Schulter stellt nach wie vor eine grosse Herausforderung für Patienten und Ärzte dar. Seit bald 20 Jahren engagiert sich das Schulterteam der Universitätsklinik Balgrist für die Erforschung und verbesserte Behandlung dieses Problems.

Die degenerativen Veränderungen der Rotatorenmanschettenmuskulatur nach Sehnenläsion wurden an der Universitätsklinik Balgrist über die letzten Jahrzehnte sowohl klinisch als auch experimentell intensiv erforscht und sind mittlerweile sowohl makroskopisch, mikroskopisch, als auch molekularbiologisch und genetisch ansatzweise verstanden. Durch die Kooperation mit der MSRU (Musculoskeletal Research Unit) des Tierspitals der Universität Zürich, der Abteilung für Radiologie und dem Labor für Muskelplastizität der Universitätsklinik Balgrist wurde über die letzten Jahre eine (Bio-)Datenbank mit unzähligen humanen und nicht-humanen (v.a. Schaf) Sehnen- und Muskelbiopsien angelegt, die stetig erweitert wird und uns auch in Zukunft die Grundlage für radiologische, histologische und genetische Analysen bietet. Als wohl eine der ersten Kliniken weltweit ist es uns dadurch gelungen, eine quantitative bildgebende (MRI-DIXON) Analyse von Muskel und Fettgehalt nicht nur für wissenschaftliche Zwecke, sondern auch für unsere Patienten in der klinischen Routinearbeit zu implementieren.

Neben dem Erkenntnisgewinn über die Ursachen und Folgen von Sehnenläsionen ist eines unserer grössten Anliegen, die bislang als irreversibel geltende Muskeldegeneration nach Sehnenriss an der Schulter aufzuhalten oder sogar rückgängig zu machen. Hierzu werden laufend neue, innovative Verfahren an einem etablierten Tierversuchsmo- dell am Schaf getestet und verfeinert. Hierdurch konnte in den letzten Jahren gezeigt werden, dass beispielsweise anabole Steroide die Verfettung der Muskulatur deutlich zu reduzieren vermögen, die Muskelschrumpfung jedoch nicht beeinflusst werden konnte. Zusätzlich wurden die Möglichkeiten der Regenerationsfähigkeit der Muskulatur durch Einsatz von autologen gezüchteten Stammzellen

analysiert, was ein neues Feld der Therapie der Sehnen- und Muskeldegeneration zu eröffnen scheint. Weiter ist bekannt, dass diese degenerativen Veränderungen der Muskulatur mitunter durch Entzündungsmediatoren getriggert sind. Dementsprechend zielen unsere neuesten Versuchsanordnungen darauf ab, diese Entzündungsprozesse, zum Beispiel mit der Verwendung von Corticosteroiden, humanen Antikörpern oder Proteolysehemmung mittels Calpeptin, zu unterdrücken, um langfristig mittels biologischen Therapieoptionen chirurgische Eingriffe zu unterstützen bzw. umgehen zu können.

Prof. Dr. med. Dominik Meyer ist Leiter der Schulter- und Ellbogenchirurgie der Universitätsklinik Balgrist sowie Stellvertretender Chefarzt Orthopädie. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der experimentellen Untersuchung und Weiterentwicklung von Diagnostik und Therapie von Sehnen- und Muskelverletzungen des Bewegungsapparates.



PD Dr. med. Karl Wieser ist leitender Arzt und stellvertretender Teamleiter des Schulterteams der Universitätsklinik Balgrist. Neben seiner klinischen Forschung zu gelenkerhaltenden und -ersetzenden chirurgischen Massnahmen liegt sein Forschungsschwerpunkt ebenfalls in der experimentellen Analyse von Ursache, Prävention und Therapie von Sehnen- und Muskelverletzungen vornehmlich des Schultergelenkes.



Operationstechnologie: Augmentierte Realität in der Orthopädie

Die Fähigkeiten des Chirurgen können technologisch erweitert werden. Informationen bezüglich optimaler Implantatlage, anatomischer Strukturen und Osteotomie-Ebenen können in Echtzeit patientenspezifisch eingeblendet werden.

Die präoperativen Planungen, Platzierung von Schrauben, Prothesen und Implantat-Positionierungen sowie Korrektur-Osteotomien basieren aktuell weitestgehend auf dem Augenmass und der Erfahrung des Chirurgen. Verschiedene Bestrebungen wie z.B. Navigationstechniken und intraoperative Bildgebungen versuchen die Präzision der Eingriffe zu erhöhen und damit die Risiken und Fehler zu vermindern. Vielversprechend sind patientenspezifische CT-basierte Schnittblöcke oder sogenannte «Guides» zur präziseren Umsetzung der operativen Planung. Diese ermöglichen eine genaue und sichere Durchführung von Operationsschritten am Knochen. Diese Technologie ist aktuell limitiert auf den Knochen und findet u.a. aufgrund relativ langer Vorbereitungszeit nur in speziellen Fällen Anwendung.

Eine neue Technologie, welche in den letzten Monaten technisch stark vorangeschritten ist, ist die erweiterte Realität (Augmented Reality, AR). Diese Technologie erlaubt das Verschmelzen oder Überprojizieren eines computer-entwickelten Hologramms auf die Realität. Die Technologie hat bereits in der Industrie breite Anwendung gefunden. Der potenzielle Nutzen der AR in der Medizin ist noch zu erforschen. Dem Chirurgen kann während der Operation zusätzlich zu Patienteninformationen auch die nicht präparierte Anatomie auf Basis präoperativer oder intraoperativer Bildgebung (erweitertes Sehen) eingespielt werden. Die Einführung von AR in die Orthopädie bedarf einiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit: Aktuell untersuchen wir, ob die Technologie grundsätzlich während orthopädischer Operationen anwendbar ist (Feasibility), indem dem Chirurgen die patientenspezifische

3D-Bildgebung, anhand präoperativer Computer-Tomographie-Daten während der Operation zur Verfügung gestellt wird. Zudem wird ex-vivo die Präzision (Accuracy) des Überblendens von Hologrammen (Overlay) untersucht, aktuell anhand von Wirbelsäulen- und Fuss-Modellen. Parallel dazu arbeiten wir zusammen mit Ingenieuren und IT-Spezialisten daran, Methoden zu entwickeln, um das präzise Overlay für eine chirurgische Anwendung zu optimieren und zu automatisieren.

Prof. Dr. med. Mazda Farshad, MPH, wurde am 1.8.2017 zum Ordinarius für Orthopädie der Universität Zürich berufen und hat gleichzeitig die ärztliche Direktion der Universitätsklinik Balgrist übernommen. Er ist Chefarzt für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie und leitet die Abteilung für klinische und angewandte Forschung.



Früharthrose am Knie – Verlangsamung der Arthroseentwicklung

Das Verlangsamen der Arthroseentwicklung ist eine wichtige Behandlungsmöglichkeit, um den Einsatz einer Knieprothese hinauszuzögern. Dazu werden verschiedene chirurgische und nicht-chirurgische Optionen angewendet.

Als Früharthrose wird das Frühstadium der Gelenk-abnützung definiert. Einerseits kann diese altersbedingt sein, andererseits aufgrund von Unfällen, Überbeanspruchung und Fehlstellungen zu früh beginnen.

Bei fortgeschrittener Arthrose werden Kniegelenkprothesen eingesetzt. Diese zeigen zwar sehr gute Resultate, müssen jedoch durchschnittlich nach 15 bis 20 Jahren ersetzt werden. Aufgrund der demographischen Entwicklung des Älterwerdens der Bevölkerung ist die Verlangsamung der Arthroseentwicklung ein bedeutender Pfeiler unseres Behandlungs- und Forschungskonzeptes.

Prophylaxe ist wichtig

Vorbeugung und Prophylaxe stellen einen wichtigen Faktor dar – sie erfolgen durch das Verhindern von Sportverletzungen und mit der Betreuung von Sportlern. Dies geschieht in intensiver Zusammenarbeit mit unserer sportmedizinischen Abteilung Balgrist Move>Med. Im Fall eines erlittenen Unfalles ist die Analyse zur korrekten Behandlung sehr wichtig. Am Beispiel des Meniskus wissen wir, dass bei fehlendem Meniskus die Arthrose schneller voranschreitet. Entsprechend ist das Ziel, den Meniskus mittels modernen Nahttechniken und Instrumenten zu erhalten. Liegen bei einem jüngeren Patienten beginnende Arthroseschmerzen vor, sei es wegen beginnender Abnützung oder aufgrund eines lokalen Knorpelschadens, muss ein Abklärungsalgorithmus gestartet werden. Besteht eine Achsenfehlform, kann diese entsprechend korrigiert werden. Dank unserem CARD-Team (Computer Assisted Research & Development) werden mit computertomographisch ermittelten Daten die Achsen in dreidimensionaler Ebene analysiert. Die entsprechende Korrektur kann am Computer simuliert und dann mit patientenspezifischen, mit einem 3D-Drucker hergestellten Schnittblöcken bei der Operation angewandt werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Präzision der gewünschten Korrektur zuverlässiger ist als mit den aktuellen Methoden. Bestehen beim Patienten Schmerzen, die auf den feh-

lenden Meniskus zurückzuführen sind, kann auch ein sogenannter Spendermeniskus implantiert werden. Hierzu muss das Gelenk vom Bandapparat her stabil sein oder stabilisiert werden. Falls es sich um einen lokalisierten Knorpelschaden handelt, kann mit verschiedenen knorpelchirurgischen Verfahren ein «Ersatz»-Knorpel generiert werden.

Bei der altersbedingten Arthrose werden zuerst die konservativen Behandlungsmöglichkeiten wie Physiotherapie, orthopädische Hilfsmittel wie Schienen und Schuheinlagen und auch Infiltrationen eingesetzt.

Eine gross angelegte Studie, die durch die Stiftung für Rheumaforschung und die MLR-Stiftung unterstützt wird, untersucht die Wirksamkeit von verschiedenen Substanzen, die ins Knie gespritzt werden. Hierbei werden vier mögliche Substanzen injiziert: Cortison, Hyaluronsäure, Eigenblut und Placebo. Es soll untersucht werden, bei welchem Abnutzungsgrad welche Substanz am besten hilft. Ziel dieser Studie ist, wichtige neue Erkenntnisse zur Therapie der frühen Kniegelenksarthrose zu liefern und zu einer verbesserten Behandlung dieser Erkrankung beizutragen.

Die Erforschung der Früharthrose steckt noch in den Kinderschuhen, ist aber sicherlich ein Forschungsgebiet, das neue Behandlungskonzepte hervorbringen wird.

PD Dr. med. Sandro F. Fucentese absolvierte das Staatsexamen an der medizinischen Fakultät der Universität Zürich und begann als wissenschaftlicher Assistent in der biomechanischen Abteilung der Universitätsklinik Balgrist. Die Facharztausbildung fand federführend an der Universitätsklinik Balgrist und am Inselspital in Bern statt. Es folgten Anstellungen als Oberarzt im Kantonsspital Baden, auf der Unfallchirurgie des Universitätsspital Zürich und vor allem an der Universitätsklinik Balgrist. Die Venia legendi wurde ihm im April 2013 erteilt. Seit Ende 2013 ist er Leiter des Knie-teams der Universitätsklinik Balgrist.



Die Hüftabduktoren: Die «Rotatorenmanschette» der Hüfte

Dank der Identifikation von Risikofaktoren der Hüftabduktoren-Degeneration durch biomechanische und kinematische Untersuchungen sollen präventive Massnahmen ermöglicht werden.

In ähnlicher Weise wie die Rotatorenmanschette an der Schulter umspannen kräftige Muskeln das Hüftgelenk. Die wichtigste Muskelgruppe und eigentlicher Motor der Hüfte sind die Hüftabduktoren. Ihre breite Sehne setzt am Trochanter major¹ an. Degenerative Sehnenveränderungen bis hin zu Sehnenrissen sind häufige Ursache des pertrochantären Schmerzsyndroms. Bei einer Prävalenz von 15-20% der orthopädischen Konsultationen, stellt es ein häufiges Krankheitsbild dar, das bezüglich Beschwerden, Funktionseinschränkung und Leidensdruck mit einer fortgeschrittenen Hüftarthrose vergleichbar ist.

Umso erstaunlicher ist es, dass hinsichtlich Ätiologie, Pathogenese, natürlichem Verlauf und Behandlung sehr wenig bekannt ist.

Die Biomechanik der Hüftabduktoren und die Folgen veränderter Anatomie

Ziel der Zusammenarbeit mit den Biomechanikern des Balgrist Campus ist, ein fundamentales, biomechanisches Verständnis des pertrochantären Raumes zu erarbeiten. Ein numerisches Modell wurde etabliert, um die Muskelverhältnisse und -eigenschaften im pertrochantären Raum zu studieren. Dieses Modell dient dazu, individuelle Veränderungen der Hüftanatomie und ihre Auswirkung auf das Gewebe im pertrochantären Raum (Muskeln, Sehnen und Bänder) unter verschiedenen alltäglichen Belastungen zu studieren.

Die Kinematik verschiedener Gangbilder und ihre Auswirkung auf die Biomechanik

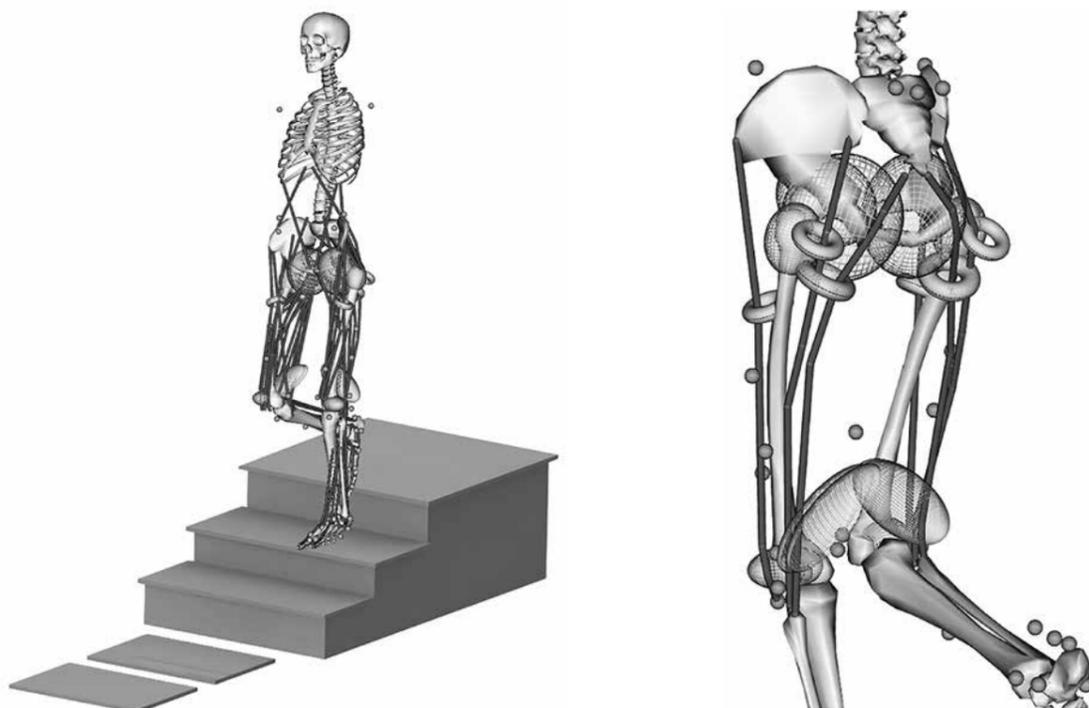
Parallel dazu wird die spezifische Kinematik physiologischer und pathologischer Gangbilder (z.B. das Insuffizienz-Hinken auf Grund einer Schwäche der Hüftabduktoren) an Probanden und Patienten analysiert. Die Belastung auf die Hüftabduktoren und ihre Sehnen, aber auch kompensatorische Mechanismen werden studiert.

Langfristig soll dieses Wissen anatomische Risikofaktoren für die Hüftabduktoren-Degeneration identifizieren, um präventive Massnahmen zu ermöglichen. Die erwarteten Erkenntnisse sollen auch darüber Aufschluss geben, welche anatomischen Verhältnisse eine möglichst schonende und effektive Belastbarkeit der Hüftabduktoren gewährleisten: eine relevante Information hinsichtlich der idealen Hüft-Rekonstruktion in der Prothetik, sei es bei Primärimplantation oder bei der Revision.

PDDr. med. Patrick Zingg ist seit 2017 Leiter der Hüft- und Beckenchirurgie der Universitätsklinik Balgrist. Er absolvierte seine Facharztausbildung an der Universitätsklinik Balgrist. Es folgte ein Fellowship für Traumatologie und Hüft-/Knieprothetik am Sunnybrook Health Sciences Centre und Holland Centre in Toronto, Kanada. Seit 2009 sind seine Forschungsschwerpunkte das Hüftgelenk jeden Lebensalters, das des jugendlichen Sportlers gleichermaßen wie das künstliche, ersetzte des alten Menschen.



¹ Der Trochanter major befindet sich im Übergangsbereich zwischen dem Oberschenkelkörper und dem Oberschenkelhals.



WiseSkin: Fingergespür für Amputationspatienten

Eines der Hauptprobleme bei Amputationen von Gliedmassen ist die Gefühllosigkeit der Prothese. Dies soll mit dem Projekt «WiseSkin» in Zusammenarbeit mit der EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) geändert werden.

Amputationen von Gliedmassen sind buchstäblich einschneidende Erlebnisse. Zur gut sichtbaren kosmetischen und funktionellen Beeinträchtigung kommt das geänderte Körperbild dazu. Dieses kann durch Prothesen – also Gliedmassenersatzteile – funktionell wie auch kosmetisch weitgehend korrigiert werden.

Moderne Hand-Prothesen vom myo-elektrischen Typ können eine Vielzahl Bewegungen ausführen und sind im Alltag eine grosse Hilfe. Myo-elektrisch heisst, dass die Prothesen über Sensoren im Prothesenschaft mit den Muskelbäuchen in Kontakt kommen und anhand deren Spannung mechanische Bewegungen ausführen. Diese Bewegungen werden über akkubetriebene Mikromotoren ausgeführt. Bei einem Faustschluss können diese bis zu 15 kg Druck erzeugen.

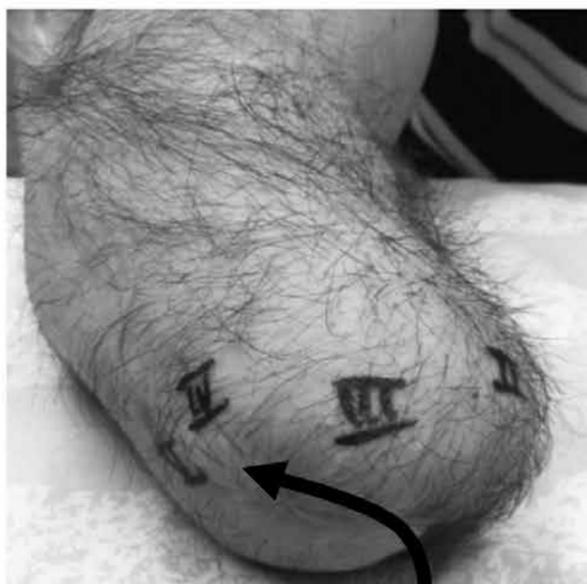
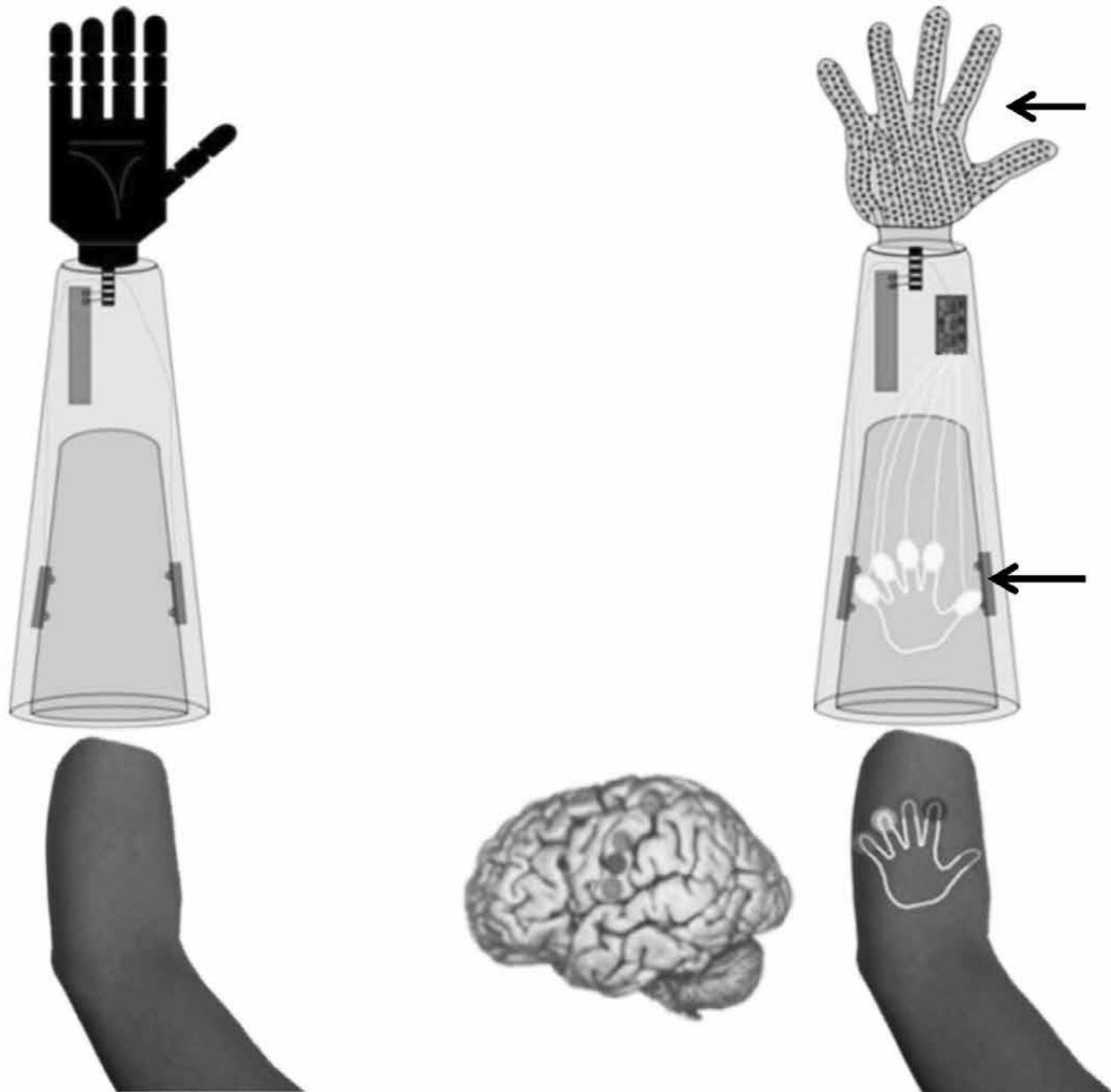
Hier liegt nun das Problem, welches das Projekt «WiseSkin» lösen möchte. Da der Patient nicht spürt, wie fest er etwas anfasst und dieser Druck unkontrolliert auf einen Gegenstand oder eine Hand ausgeübt wird, kann dies zu Schäden führen. Man spricht von einem fehlenden Biofeedback. Daher muss der Patient seine Bewegungen visuell kontrollieren und rechtzeitig stoppen. Dies ist einerseits anstrengend und führt andererseits auch dazu, dass die Patienten bei bestimmten Tätigkeiten lieber auf die Prothese verzichten, da sie am Gliedmassen-Stumpf meistens ein normales Gefühl empfinden und so Druck und Kraft besser einteilen können. Auch die Spitz/Stumpf-Diskrimination oder die thermische Wahrnehmung sind mit dem Gliedmassen-Stumpf möglich, mit der Prothese leider noch nicht.

Der Lösungsansatz, den das «WiseSkin»-Projekt verfolgt, läuft über einen Handschuh, der mit Sensoren ausgestattet ist und über Elektroden die Stellen am Stumpf stimuliert, wo der Patient nach der

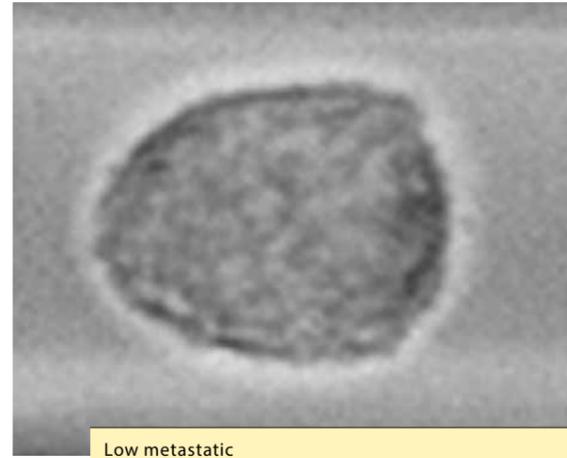
Amputation seine Finger spürt. Diese Stellen werden mit einem sogenannten Phantomschema eruiert und markiert. Je stärker der Druck der Prothesehand ist, umso stärker werden die Phantomareale gereizt.

Die Idee, diese Technik in einem Handschuh und nicht direkt in der Prothesehand einzubauen, basiert darauf, auf diese Weise mit einem einzigen Modell diverse Prothesentypen versorgen zu können, während die Prothesen sonst individuell angepasst und gefertigt werden müssten, was wesentlich teurer wäre. Eine Herausforderung wird sein, den Handschuh möglichst dünn zu produzieren, damit die Funktion der Prothese nicht eingeschränkt wird, ferner sollte der zusätzliche Stromverbrauch nicht zu einer signifikanten Gewichtszunahme der Prothese führen, respektive nicht zu einer Abnahme der Funktionsdauer.

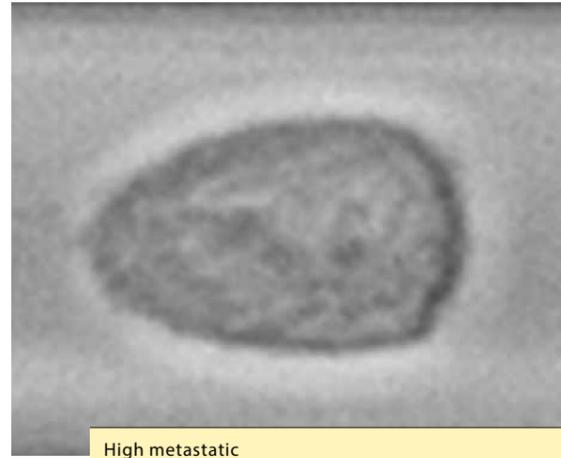
Dr. med. Martin Berli ist Stv. Leiter der Technischen Orthopädie an der Universitätsklinik Balgrist. Er arbeitet an verschiedenen Projekten zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit von Patienten mit Amputationen oder Lähmungen im Alltag.



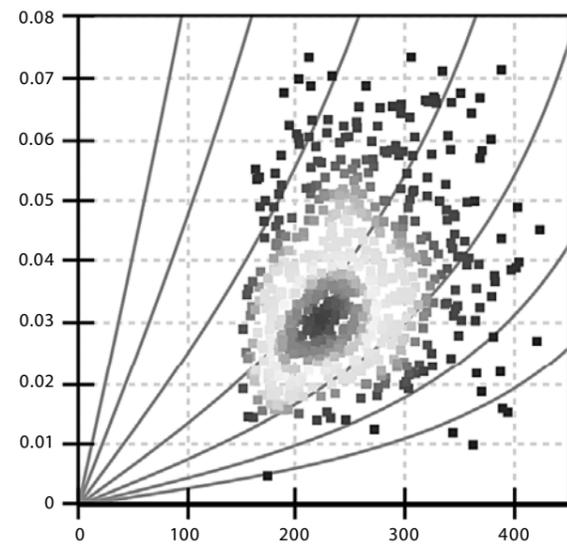
Tumororthopädie: Einführung der «Liquid Biopsy»



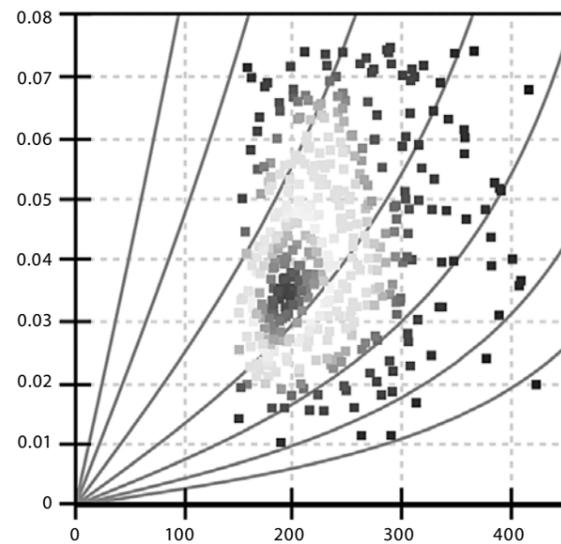
Low metastatic



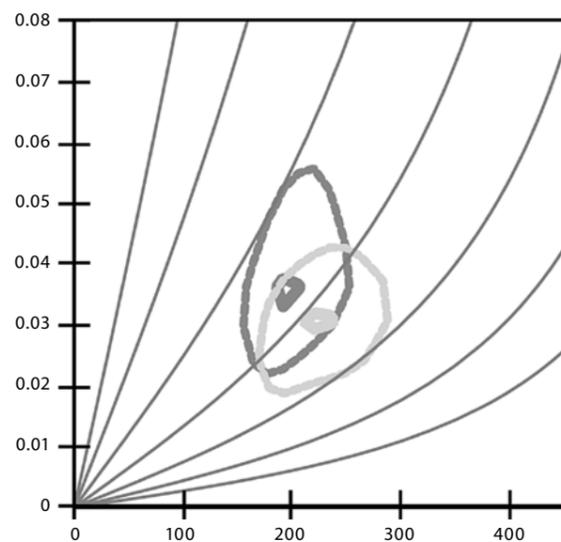
High metastatic



Cell size (μm^2)



Cell size (μm^2)



Contour plot

Bei Patienten mit einem Knochen- oder Weichteiltumor werden neu Tumorzellen aus dem Blut isoliert, um das Ansprechen auf die Therapie besser und schneller quantifizieren zu können.

Kontinuierliche Fortschritte bei chirurgischer Sarkom-Resektion

In den vergangenen Jahren hat die Tumororthopädie bezüglich der chirurgischen Entfernung von Knochen- und Weichteiltumoren grosse Fortschritte erzielt. Die Amputationsrate ist kontinuierlich gesunken. Obwohl heutzutage meist extremitätenerhaltend operiert wird, konnte auch die Rate an Lokalrezidiven kontinuierlich durch immer präzisere Operationstechniken gesenkt werden.

Trotz diesen sehr positiven Entwicklungen in der chirurgischen Behandlung von Tumoren am Bewegungsapparat ist die Metastasierungsrate in den letzten Jahrzehnten konstant geblieben.

Isolation von Tumorzellen aus dem Blut

Die «flüssige Biopsie» (engl. Liquid Biopsy) ist ein neues Konzept in der Grundlagenforschung von Tumorerkrankungen. Ziel ist es dabei, frei zirkulierende Tumorzellen aus dem Blut des Patienten zu isolieren und zu untersuchen. Dies im Gegensatz zur herkömmlichen Biopsie, bei der die Zellen aus dem Tumor selbst gewonnen werden. Das langfristige Ziel ist es, mit einer einfachen Blutentnahme am Patienten die Konzentration der zirkulierenden Tumorzellen im Blut zu messen und die Veränderung während der Therapie zu monitorisieren. Wir erhoffen uns, so das Ansprechen auf die Behandlung schneller und genauer darzustellen, um kontinuierlich notwendige Anpassungen vornehmen zu können. Bisher kann der Therapieerfolg erst nach der erfolgten Operation an der Nekroserate des Tumors im Resektat beziffert werden.

Unterschiedliche Eigenschaften von Tumorzellen

Ein weiterer spannender Aspekt ist der Vergleich zwischen den zirkulierenden Tumorzellen im Blut und den sessilen Tumorzellen im Primärherd. So können beispielsweise die mechanischen Eigenschaften dieser beiden Zellgruppen unterschiedlich

ausfallen (siehe Illustration). Dies lässt Rückschlüsse auf die Aggressivität des Tumors bzw. auf dessen Metastasierungspotential zu. Doch nicht nur ganze Zellen können aus dem Blut gewonnen und untersucht werden, sondern auch nur Zellbestandteile. Es ist mittlerweile technisch möglich, frei zirkulierende DNA-Fragmente im Blut zu isolieren und zu sequenzieren. Veränderungen der Gene von Tumorzellen können so gezielt gesucht werden, z.B. sogenannte Single-Nucleotide Polymorphisms (SNP).

Individualisierte Sarkomtherapie

Die Liquid Biopsy ist ein wichtiger Schritt in Richtung personalisierter Therapie von Tumoren am Bewegungsapparat. Langfristig soll dem Patienten gemäss den Eigenschaften von Tumorzellen und DNA-Veränderungen eine individuelle, gezielte Behandlung angeboten werden können.

Dr. med. Daniel Müller ist Leiter des Teams für orthopädische Tumorchirurgie an der Universitätsklinik Balgrist. Nach dem Medizinstudium in Bern absolvierte er die Facharztausbildung zum orthopädischen Chirurgen an den Universitätskliniken Balgrist und Genf. Anschliessend folgte im Rahmen eines Fellowships eine Spezialisierung zum Tumororthopäden an der Universitätsklinik Careggi in Florenz und am Memorial Sloan Kettering Cancer Center in New York, zwei international renommierte Kliniken in der Behandlung von Knochen- und Weichteiltumoren.



Dr. Unai Silvan ist Leiter der Sarkomforschung am Balgrist Campus. Nach seinem Doktoratsstudium in Bilbao zum Thema Krebsangiogenese arbeitete er als Postdoktorand am Maurice E. Müller Institut für hochauflösende Mikroskopie an der Universität Basel. 2012 kam er nach Zürich und trat dem Labor für orthopädische Biomechanik im Balgrist bei. Der Hauptfokus seiner Arbeit liegt in der biochemischen und biomechanischen Charakterisierung und Entwicklung neuer interdisziplinärer Methoden zur Diagnostik, Prognostik und Behandlung von Sarkomen.



Optimierung konventioneller Platten zu patientenspezifischen Implantaten

Zur Vereinfachung des Eingriffes bei komplexen Fehlstellungen von Knochen in mehreren Ebenen und/oder grossen Knochendefekten sollen Planungstools sowie Fertigungstechniken für patientenspezifische Platten entwickelt und optimiert werden.

Seit Längerem werden in der Orthopädie und Traumatologie anatomisch vorgeformte Platten und Osteosynthesematerialien verwendet. Dies erspart das Verbiegen und Anpassen von Platten während des Operationsprozesses und reduziert die Eingriffszeiten deutlich. Anatomisch vorgeformte Platten können einfacher angelegt werden und helfen, bei der Reposition die korrekte Stellung wieder zu erreichen. Trotzdem sind diese Platten ein Kompromiss, da lediglich anatomische Durchschnittswerte für die Formgebung genutzt werden. Der Grossteil der Frakturen, Pseudarthrosen und Fehlstellungen lässt sich mit diesen Standardplatten behandeln. Einige Patienten weisen aber eine Anatomie auf, die nur bedingt und zum Teil gar nicht auf die Standardplatten passt, sodass diese entweder stark vom Knochen abstehen würden oder Knochenmaterial entfernt werden müsste. Insbesondere bei fehlverheilten Knochen mit Gelenkbeteiligung, bei denen man auf eine millimetergenaue Lage der Fragmente, Schrauben und Platten angewiesen ist, sind Standardplatten oft ungeeignet. Des Weiteren sind bei Situationen mit erheblicher Veränderung der Normalanatomie sowie grossen Knochendefekten, wie im abgebildeten Fall auch bezüglich Grössenverhältnissen, mit dem Standard-Osteosynthesematerial nur unzureichende Möglichkeiten für eine Rekonstruktion vorhanden.

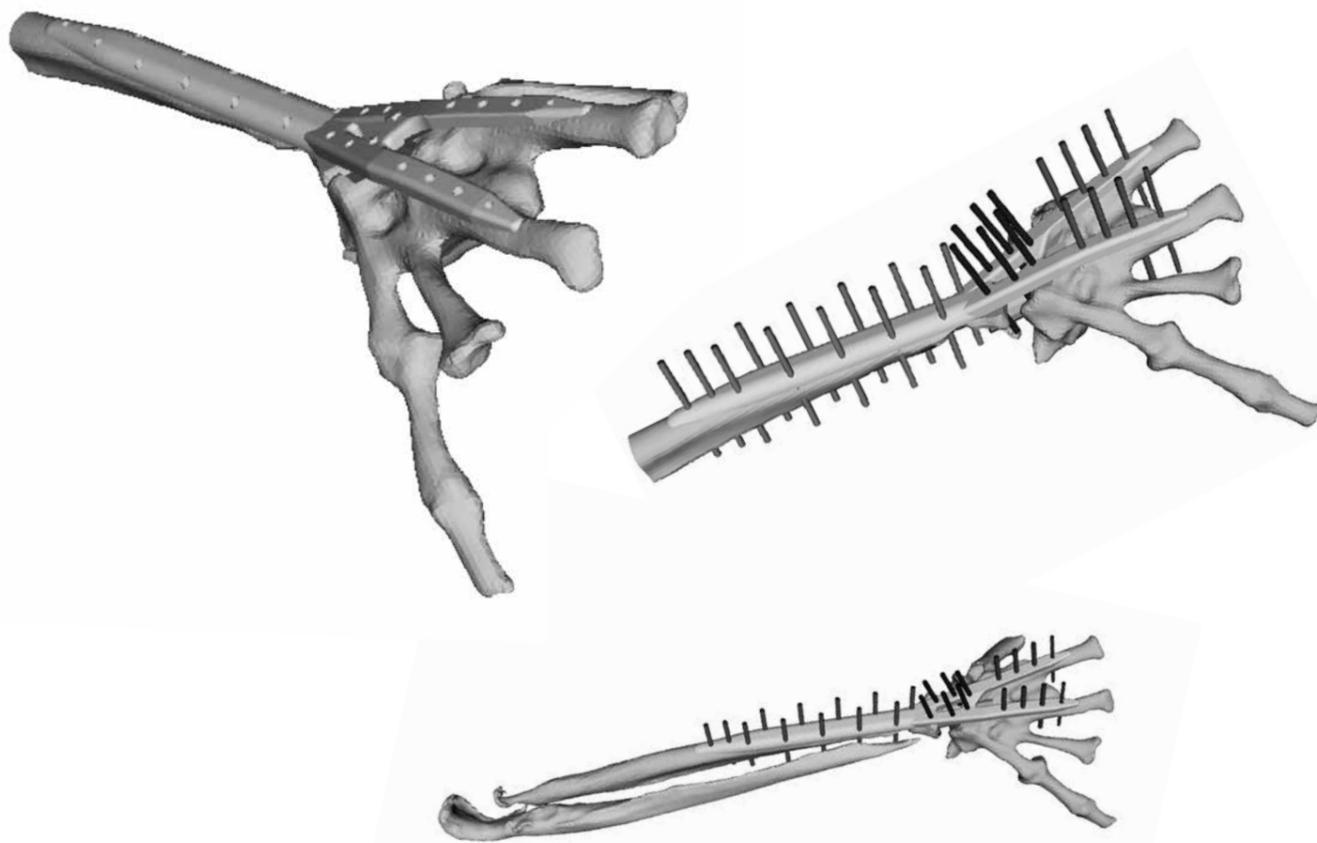
Beim abgebildeten Fall handelt es sich um eine Patientin mit jahrzehntelangem Verlauf einer rheumatoiden Arthritis, Vorzustand einer implantierten Handgelenksprothese, die ausgelockert ist. Aufgrund massiven Knochensubstanzverlusts wurde eine Handgelenkspanarthrodese durchgeführt. Bei der Situation mit stark ausgedünnten Metakarpalia sowie Radius mit praktisch komplett fehlendem Karpus ist eine Fixation mit herkömmlichen Handgelenksarthrodeseplatten nicht möglich. Es wurde eine auf die Grössenverhältnisse sowie Restknochen angepasste patientenspezifische Platte gestaltet und hergestellt, dabei konnte die Dimension und Lage der Schrauben den Knochenverhältnissen optimal angepasst werden. Für die Dimension der Platte hinsichtlich Stabilität sind Erfahrungswerte von bereits vorhandenem Osteosyn-

thesematerial zu Hilfe genommen worden. Das Zusammenfliessen all dieser Informationen lässt ein für die Patientin optimales Implantat herstellen, was die Operation genau planbar macht und somit deutlich verkürzen lässt.

Ein weiterer Vorteil der patientenspezifischen Implantate ist, dass der gesamte Eingriff und Ablauf dreidimensional im Voraus geplant werden kann. In Zusammenarbeit mit der CARD-Technologie lassen sich so auch Schnitt- und Bohrlehren herstellen, die auf die patientenspezifischen Implantate zugeschnitten sind. Die Schraubenlöcher können demnach direkt auf die Position und Ausrichtung des individualisierten Implantates gesetzt werden, was die Montage/Osteosynthese wiederum exakt planbar und realisierbar macht.

Im Moment sind die Herstellungs- sowie Planungskosten für ein patientenspezifisches Implantat noch sehr hoch, das Ziel ist es aber, die Abläufe zu optimieren und insbesondere einen Grossteil davon zu automatisieren, sodass sich der Zeitaufwand/Planungsaufwand auf ein praktikables Mass reduzieren lässt. Zudem sind durch die bei uns durchgeführten Fälle wichtige Erfahrungen gesammelt worden, um die mechanischen Eigenschaften der Implantate durch die Implantathersteller zu verbessern. In der Zukunft sollen somit die Abläufe derart optimiert werden, dass komplexe Frakturen, Korrekturosteotomien sowie Behandlungen von Pseudarthrosen auf breiter Basis durch die patientenspezifischen Implantate genauer, schneller und somit für den Patienten effektiver behandelt werden können.

Prof. Dr. med. Ladislav Nagy ist als Chefarzt Handchirurgie an der Universitätsklinik Balgrist und seit 2011 als Titularprofessor an der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich tätig. Bevor er 2002 nach Zürich wechselte, hat er zahlreiche Stationen in der Schweiz, in den USA sowie in Frankreich durchlaufen und seine besondere Kompetenz in der Handgelenkschirurgie erworben. Die Forschungsschwerpunkte liegen in der Biomechanik des Handgelenks, der Operationsplanung und -technik, Frakturbehandlung/Osteosynthesen sowie der geburtstraumatischen Plexusparese.



ISPA: Injury Screening and Prevention – Alpine Skiing

Die Sportmedizin Balgrist Move>Med und Swiss-Ski arbeiten gemeinsam an einer evidenzbasierten, nationalen Präventionsstrategie mit Fokus Nachwuchsskirennensport.

Projekthintergrund

Ski Alpin ist eine Sportart mit einem relativ hohen Verletzungsrisiko. Aus einer aktuellen Pilot-Studie geht hervor, dass beinahe 60% aller Athleten bereits in einer frühen Phase ihrer Karriere eine schwere Knieverletzung erleiden. Solche Verletzungen führen fast immer zu einer mehrmonatigen Verletzungspause und leistungsreduzierenden muskuloskelettalen Beschwerden im weiteren Karriereverlauf. Zudem leiden mehr als 20% der Athleten an wiederkehrenden gesundheitlichen Problemen wie «Jumper's Knee» und/oder «Low Back Pain», die mit grösster Wahrscheinlichkeit auf körperliche Defizite und/oder «falsches» Training im Jugendalter zurückzuführen sind. Deshalb kommt einer gezielten Prävention im Nachwuchsbereich eine besondere Bedeutung zu. Wesentliche Voraussetzungen hierfür sind jedoch fundierte Kenntnisse hinsichtlich der Epidemiologie und der Ursachen von solchen Verletzungen und wiederkehrenden gesundheitlichen Problemen sowie die Entwicklung aussagekräftiger Screeningtests zur Früherkennung von verletzungsrelevanten körperlichen Defiziten bzw. überlastungsinduzierten degenerativen Prozessen.

Ziele des im April 2017 gestarteten Forschungsprojektes sind (1) Gesundheits- und Belastungs-Monitoring auf allen Stufen, d.h. von Nachwuchs bis Elite, sowie Aufbau einer nationalen Verletzten Datenbank «Swiss-Ski»; (2) Erforschung der Ursachen der erfassten Verletzungen und gesundheitlichen Probleme; (3) Entwicklung und Validierung aussagekräftiger Screeningtests zur Früherkennung von (i) verletzungsrelevanten körperlichen Defiziten und (ii) ersten Anzeichen überlastungsinduzierter, degenerativer Prozesse bei (Nachwuchs)athleten sowie (4) Wissenstransfer und Umsetzung in die sportmedizinische Praxis.

Bisher ungedeckter klinischer Bedarf und erhoffte Innovation

Sportartübergreifendes Präventionsmodell (inklusive sinnvoller Tools zur systematischen Erfassung von gesundheitlichen Problemen bei Athleten sowie aussagekräftige Screeningtests als mögliche Dienstleistungserweiterungen am Balgrist Move>Med/Swiss Olympic Medical Center.

Das Projekt wird von der Balgrist-Stiftung, der Stiftung Passion Schneesport, der Stiftung zur Förderung des alpinen Skisportes in der Schweiz und von Swiss-Ski unterstützt.

PD Dr. Jörg Spörri ist Leiter Forschung Sportmedizin an der Universitätsklinik Balgrist und Projektleiter von ISPA. Nach seinem Studium an der ETH Zürich und an der Universität Salzburg war er als Leiter Forschung & Entwicklung für Swiss-Ski tätig. Seine Habilitation absolvierte er an der Universität Salzburg.

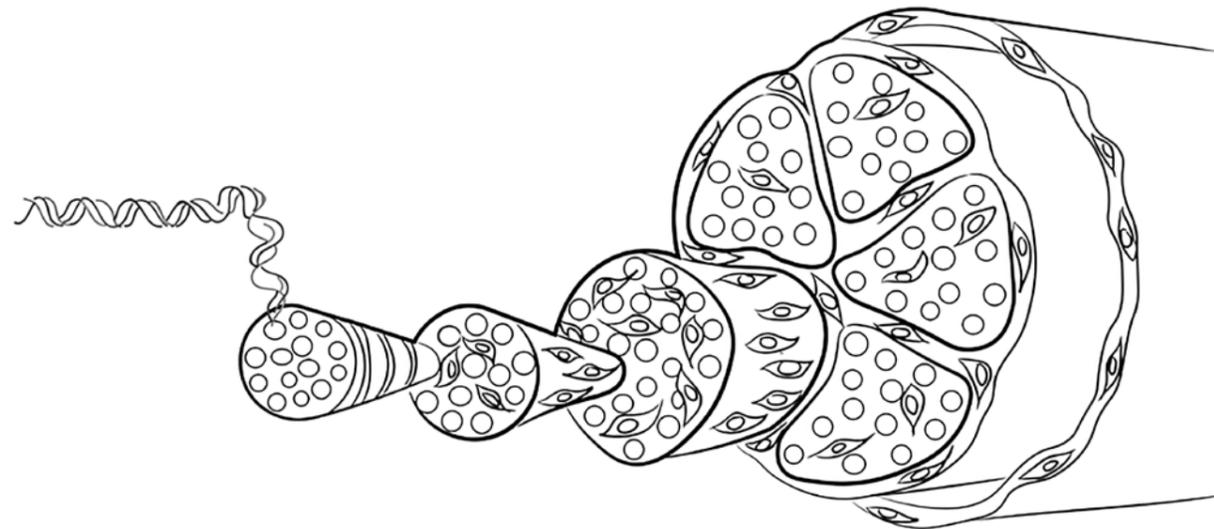
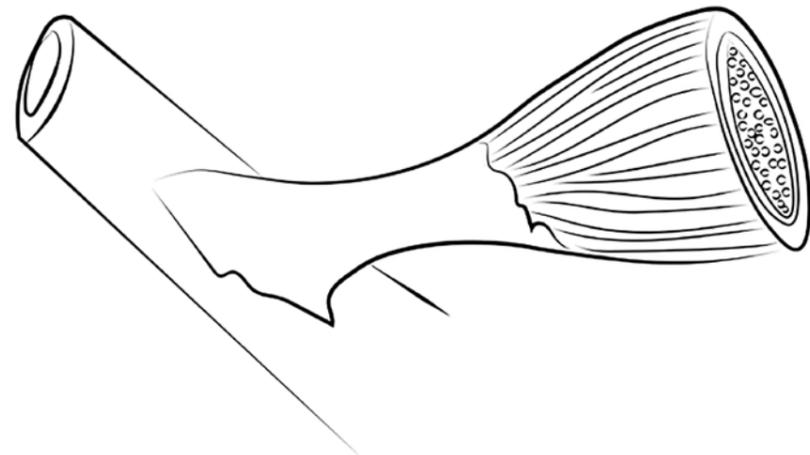


Dr. med. Walter O. Frey ist Ärztlicher Leiter von Balgrist Move>Med, das einzige universitäre Deutschschweizer Swiss Olympic Medical Center. Zudem ist er beim Schweizerischen Skiverband Swiss-Ski als Chefarzt Swiss-Ski und Disziplinenverantwortlicher Arzt Ski Alpin tätig.



Die Sehne: Ein zentraler Faktor für die gesunde Bewegung des Menschen

Das Forschungslabor für orthopädische Biomechanik an der Universitätsklinik Balgrist untersucht Ursachen und Behandlungsmethoden bei Sehnenverletzungen.



Sehnen verbinden Muskeln mit Knochen und spielen somit eine wichtige Rolle bei der Bewegung unseres Körpers. Sie sind extrem hohen Kräften auf meist sehr engem Raum ausgesetzt. Dies bedeutet, dass Sehnen gewaltigen mechanischen Anforderungen in unserem Körper ausgesetzt sind. Angesichts dieser ausserordentlichen physischen Ansprüche an die Sehnen, mag es wenig erstaunen, dass Sehnenprobleme einer der häufigsten Gründe für Arztbesuche sind.

Nach Verletzungen erlangt Sehnengewebe selten die ursprüngliche Struktur und Funktion zurück. Im schlimmsten Fall kann eine Sehnenverletzung zu einer langdauernden, schmerzhaften Sehnen-erkrankung führen. Eine solche kann die Lebensqualität eines Patienten erheblich reduzieren. Behandlungen sind oft langwierig, nicht immer erfolgreich und für den Patienten sehr herausfordernd. Das Labor für Biomechanik an der Universitätsklinik Balgrist forscht intensiv, um das Verständnis der Sehnenbiologie zu vertiefen und Lösungsansätze zu dieser Problematik zu finden.

Die grundlegenden Ursachen von Sehnerkrankungen im Visier

Auf den ersten Blick scheint eine Sehne ein einfaches Gewebe aus Kollagen, dem fundamentalen lasttragenden Proteinbaustein unseres Skeletts, zu sein. Eine genauere Betrachtung zeigt, dass eine Sehne in Wirklichkeit ein komplexes physiologisches System ist, das auch in der Lage ist, sich nach Beschädigungen selbst zu reparieren. Ein erfolgreicher Gewebe-Reparaturprozess erfordert ein straff koordiniertes Zusammenspiel zwischen dem fibrösen Kollagenkern der Sehne und einem Netzwerk anderer Gewebe, die Immun-, Gefäß- und Nervensystem miteinander verknüpfen.

Ausschlaggebend in dieser Orchestrierung sind mechanische Kräfte, welche die Reparatur von verletztem Gewebe steuern. Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat das Balgrist Biomechanik-Labor fortschrittliche Testsysteme entwickelt, mit denen untersucht werden kann, wie mechanische Kräfte die Sehnenbiologie regulieren. Mit dem Einsatz dieser Systeme bezwecken wir, einen Einblick darin zu gewinnen, wie die Physiotherapie optimiert werden könnte, um die Genesung nach einer Sehnenverletzung zu beschleunigen. Natürlich kann aber das Ergebnis des Heilungsprozesses durch vielfältige Faktoren beeinflusst werden wie beispielsweise durch das Alter, die Ernährung, das Geschlecht, den Lebensstil sowie die Familienanamnese. Letztendlich werden uns diese Systeme auch dabei helfen, neue Behandlungsmöglichkeiten zum Wohl der Patienten zu entwickeln.

Prof. Dr. Jess Snedeker ist Extraordinarius für orthopädische Biomechanik an der Universität Zürich (Universitätsklinik Balgrist, Labor für orthopädische Biomechanik) und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ, Institut für Biomechanik). Seit 2006 leitet er das Forschungslabor für orthopädische Biomechanik.



Ein Schritt Richtung personalisierte Therapie des rekonstruierten Muskel-Sehnen-Komplexes

Sehnenrisse innerhalb der Rotatorenmanschette sind ein relativ häufiges Problem und lassen sich mittels arthroskopischer Rekonstruktion und nachfolgender Rehabilitation beheben. Es wird untersucht, inwiefern Informationen zu erblichen Faktoren der Muskelzusammensetzung genutzt werden können, um den Heilungsprozess der rekonstruierten Rotatorenmanschette personalisiert zu verbessern.

Zwei von fünf Personen über 60 Jahren erleiden im Schnitt eine Ruptur der Sehne einer der vier Muskeln der Rotatorenmanschette (*musculus supraspinatus*, *musculus infraspinatus*, *musculus subscapularis*, *musculus teres major*). Unbehandelt geht die Verletzung mit einem betonten Verlust der Funktionalität der Schulter einher, was tägliche Aktivitäten verunmöglicht und zur Entwicklung von Ko-Morbiditäten beiträgt. Das Problem kann mit einer frühzeitig durchgeführten minimalinvasiven Verankerung des freistehenden Sehnenstumpfes (Rekonstruktion) und mit nachfolgender Rehabilitation behandelt werden. Die Heilung der rekonstruierten Rotatorenmanschette ist nicht immer zufriedenstellend, da die funktionelle Erholung des betroffenen Muskel-Sehnen-Komplexes unvollständig ist oder ein erneuter Sehnenriss auftritt. Dieses klinische Problem steht im Zusammenhang mit der Verkürzung und erhöhten Steifigkeit des betroffenen Muskels aufgrund von degenerativen Veränderungen, dessen Zusammensetzung sowie bisher nicht identifizierter erblicher Faktoren.

Klinische und tierexperimentelle Studien

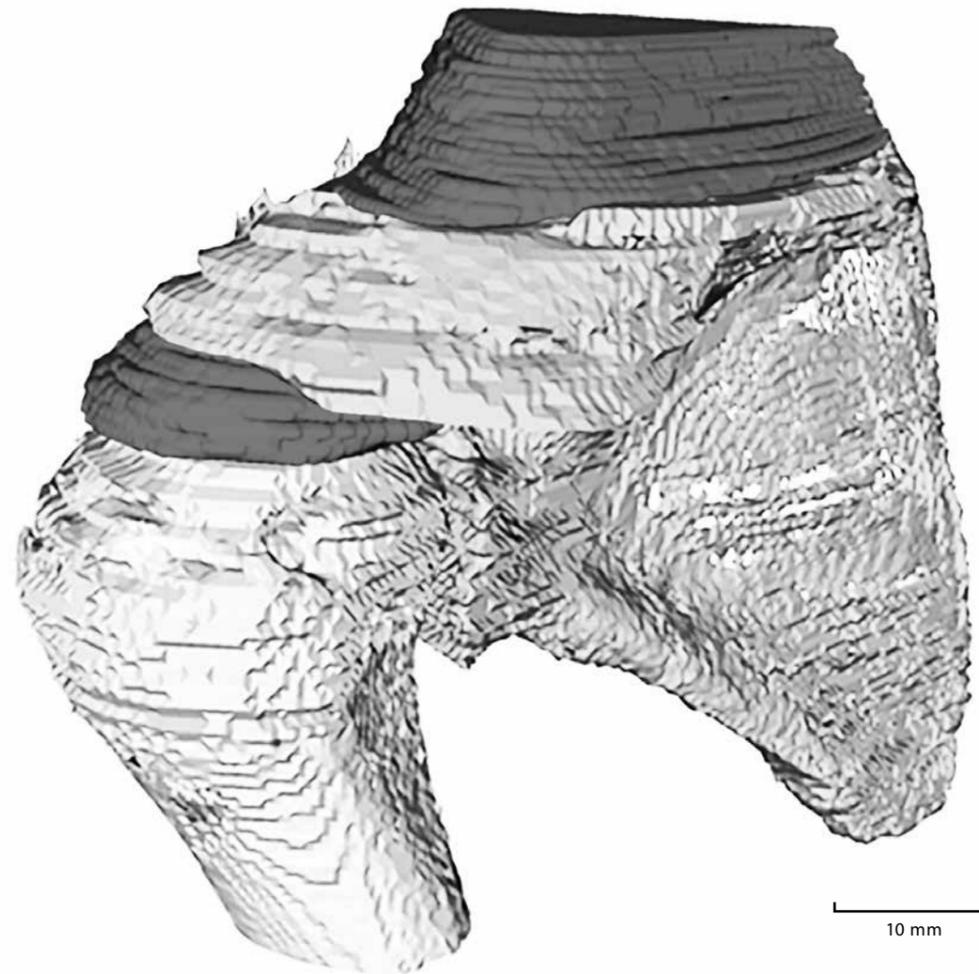
Innerhalb einer klinischen Studie mit der Schulterchirurgie am Balgrist wird untersucht, inwiefern die Fasertypzusammensetzung die Degeneration des Supraspinatus-Muskels nach einem Sehnenriss beeinflusst und zu welchem Anteil ausgewählte genetische Faktoren mit dem Heilungsverlauf der rekonstruierten Rotatorenmanschette assoziiert sind. Hierbei wird eine Kombination makroskopischer, mikroskopischer und molekularer Methoden eingesetzt, um die Muskelanatomie und Muskelzusammensetzung zu vermessen (siehe Abbildung). Unmittelbares Ziel der Studie ist es, Biomarker zu identifizieren, die mit dem Verlauf des Heilungsprozesses der rekonstruierten Muskel-Sehne-Einheit in

Zusammenhang stehen und erlauben, die Therapie und den Heilungsverlauf individuell zu beeinflussen. In tierexperimentellen Studien gehen wir der Frage nach, inwiefern die topische pharmakologische Beeinflussung des Bindegewebes und der Muskelfasern in der Frühphase nach einem Sehnenriss degenerative Prozesse innerhalb der betroffenen Muskulatur und dessen Heilung nach Rekonstruktion der Sehne beeinflussen kann.

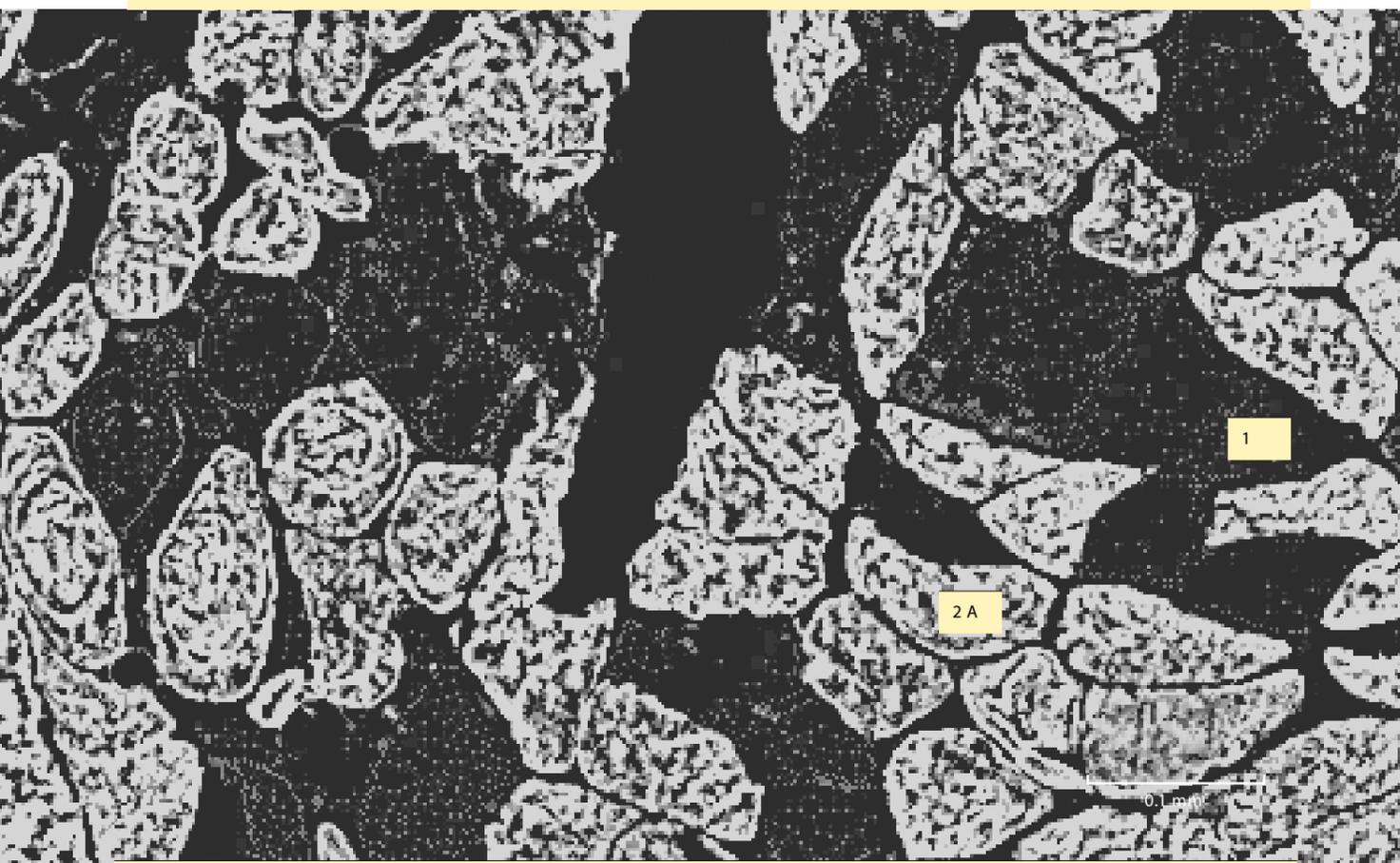
Zukünftige Umsetzung

Bisherige Ergebnisse weisen auf einen möglichen Zusammenhang zwischen genetischen Mutationen innerhalb von Bindegewebsfaktoren und muskulären Prozessen hin, welche zu einer erneuten Ruptur der rekonstruierten Rotatorenmanschette führen. Die Datenlage aus den tierexperimentellen Ansätzen zeigt mögliche neue Behandlungsmöglichkeiten für die Vermeidung der Muskelverkürzung nach einem Sehnenriss auf. Es ergäbe sich somit prospektiv die Möglichkeit, das therapeutisch wirksame Fenster für eine chirurgische Behebung des klinischen Problems durch eine Sehnenrekonstruktion zu erweitern. In zukünftigen, vorklinischen Studien sollen indizierte therapeutische Interventionen auf ihre Tauglichkeit in einem klinischen Kontext geprüft werden.

Prof. Dr. Martin Flück befasst sich seit 1995 mit den Anpassungsmechanismen der Skelettmuskulatur. Diese Arbeiten führten ihn nach einer Doktorarbeit in Molekularbiologie an der Universität Bern über die University of Texas in Houston (USA) ans Institut für Anatomie nach Bern, wo er 2005 in Zellphysiologie habilitierte. Seit 2013 ist er nach einer Professur in Muscle Physiology an der Manchester Metropolitan University (Manchester, UK) als Professor für Muskelplastizität an der Universitätsklinik Balgrist tätig.



Volumenvermessung des Supraspinatus-Muskels (dunkelgrau) im Vergleich zu ossösen Strukturen (hellgrau) nach Riss der Sehne.



Querschnitte schneller Typ-2A-Muskelfasern und langsamer Typ-1-Muskelfasern in einer Biopsieprobe eines ausgerissenen Supraspinatus-Muskels.

Rückenmarksbewegung: Ein potentieller Marker für mechanischen Stress des Rückenmarks

In einem Gemeinschaftsprojekt verschiedener Fachdisziplinen wird an der Universitätsklinik Balgrist die Bewegung des Rückenmarks mittels MRI untersucht.

Schon länger ist bekannt, dass sich das Rückenmark im Nervenwasserkanal durch verschiedene äussere Einflüsse wie z.B. Atmung oder Herzschlag in geringem Ausmass bewegt. Eine Messung dieser Bewegung ist heute mit dem MRI auf einfache Weise und mit geringem Zeitaufwand ohne Belastung für den Patienten möglich. Es konnte in Vorarbeiten gezeigt werden, dass die Bewegung des Rückenmarks bei verschiedenen Erkrankungen verändert ist.

In einem Gemeinschaftsprojekt des Zentrums für Paraplegie, der Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie und der Abteilung für Radiologie wird die Rückenmarksbewegung bei Patienten mit einer sogenannten zervikalen Spinalkanalstenose, einer Engstelle am Rückenmarkskanal am Hals, systematisch untersucht. Durch eine Spinalkanalstenose kann es zu einer Schädigung des Rückenmarks, einer sogenannten zervikalen Myelopathie, kommen. Betroffene Patienten berichten u.a. über Nackenschmerzen, «ungeschickte Hände», Gefühlsstörungen an den Armen oder Händen oder Schwierigkeiten mit dem Gleichgewicht. Je nach Ausmass der Symptome, der Darstellung der Engstelle in der normalen MRI-Untersuchung und den Nervenmessungen muss grundsätzlich über eine Operation nachgedacht werden, um eine weitere Schädigung des Rückenmarks zu verhindern.

Wir gehen davon aus, dass das Rückenmark aufgrund der stärkeren Bewegung an der Engstelle einem erhöhten mechanischen Stress ausgesetzt ist und hierdurch ein Schaden am Rückenmark entsteht.

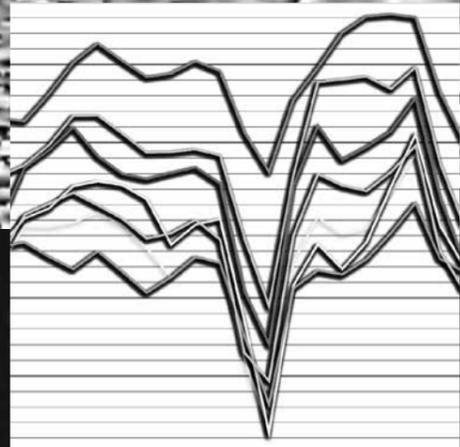
Vorarbeiten konnten zeigen, dass die Rückenmarksbewegung an einer Engstelle des Nervenwasser-

kanals erhöht ist. Ein Zusammenhang der erhöhten Bewegung mit den Problemen der Patienten konnte jedoch bisher nicht festgestellt werden. Weiterhin ist auch noch unklar, ob das Ausmass der Bewegung den weiteren Verlauf der Erkrankung vorhersagen kann.

In einem ersten Schritt wurde die Bewegung des Rückenmarks an 20 gesunden Menschen gemessen, um Vergleichswerte für die Messungen der Patienten zu erstellen. In der nächsten Phase wird bei Patienten mit einer Spinalkanalstenose die Rückenmarksbewegung auf Höhe der Engstelle gemessen.

Ziel der Studie ist, Zusammenhänge der erhöhten Rückenmarksbewegung mit dem Ausmass der Symptome und dem Verlauf der Erkrankung zu erkennen, um zukünftig den Krankheitsverlauf besser vorherzusagen zu können. Hierdurch soll ein zusätzlicher Marker in der Behandlung der Patienten etabliert und die Behandlung der Erkrankung verbessert werden.

Dr. med. Markus Hupp stammt ursprünglich aus Würzburg in Nordbayern/Unterfranken, Deutschland. Nach Tätigkeiten in neurologischen und neuroradiologischen Kliniken in Bamberg, Würzburg und Frankfurt ist er vor vier Jahren zur Universitätsklinik Balgrist gestossen. Neben der Tätigkeit als Oberarzt der neurophysiologischen Abteilung betreut er eine Station des Zentrums für Paraplegie.





Gezielte und dynamische Gangtherapie: Balgrist an der Spitze einer europäischen Multicenterstudie

Das Projekt MALT (Mapping of Locomotor Training) beinhaltet die internationale Erfassung von Physiotherapie zur Therapie der Gehfähigkeit bei akuter inkompletter Querschnittlähmung.

In der Wissenschaft werden oft neue Interventionen mit einer so genannten konventionellen Standardtherapie verglichen. Dabei ist jedoch nicht klar, welche therapeutischen Massnahmen bei der konventionellen Therapie tatsächlich bei Patienten angewendet werden. Die Rehabilitation des Stehens und Gehens ist ein Hauptziel in der Physiotherapie während der Rehabilitation von Patienten mit inkompletter Querschnittlähmung. Dennoch existieren bisher keine international standardisierten Rehabilitationsprogramme zur Wiederherstellung der Gehfähigkeit. Behandlungsmassnahmen und Strategien basieren grösstenteils auf praktisch begründeter Evidenz (PBE, Practice Based Evidence), sind abhängig von lokaler sowie fachlicher Erfahrung und werden durch umgebungs- und personalbezogene Faktoren und Ressourcen beeinflusst.

Physiotherapie erfolgt strukturiert und zielorientiert

Das Zentrum für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist bietet querschnittgelähmten Menschen modernste Therapiemöglichkeiten in enger Zusammenarbeit mit der Forschung. Um jedoch die Bedeutung und den Inhalt der konventionellen Therapie des Stehens/Gehens bei Patienten mit inkompletter Querschnittlähmung besser verstehen zu können, haben Forscher und Physiotherapeuten der Universitätsklinik Balgrist zusammen mit sechs Rehabilitationszentren aus dem Netzwerk der Studie EMSCI (European Multicenter Study about Spinal Cord Injury) jede physio- und sporttherapeutische Intervention bei Patienten mit einer inkompletten Querschnittlähmung erfasst, analysiert und miteinander verglichen.

In einem ersten Schritt konnte gezeigt werden, dass sich der Inhalt und die Intensität der physiotherapeutischen Interventionen bei Patienten mit inkompletter Querschnittlähmung laufend an die motorische Erholung während der Erstrehabilitation nach Trau-

ma anpassen. Die involvierten Kliniken verfolgten kein prospektiv standardisiertes Rehabilitationsprogramm, dennoch sind gewisse vergleichbare Muster im Behandlungsinhalt zu erkennen.

Darauf aufbauend wurde untersucht, wie definierte physiotherapeutische Behandlungsziele und Interventionen mit der neurologischen und funktionellen Erholung korrelieren. Ziel ist zu zeigen, dass in Querschnittzentren die Physiotherapie strukturiert und effizient erfolgt, sich den Zielen des Patienten anpasst und in klinischen Studien kontrolliert angewendet werden kann. So kann ein Standard in der Rehabilitation mit inkompletter Querschnittlähmung definiert werden.

Prof. Dr. med. Armin Curt ist Chefarzt und Direktor des Zentrums für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Er wurde mit dem Schellenberg-Preis für herausragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Paraplegiologie ausgezeichnet, in dem er sich seit über 20 Jahren als Forscher und Kliniker engagiert.



Tanja Herzog ist stellvertretende Teamleiterin der Physiotherapie des Zentrums für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Sie engagiert sich als Klinikerin und Forscherin für die Weiterentwicklung von physiotherapeutischen Standards in der Rehabilitation von Personen mit einer inkompletten oder kompletten Querschnittlähmung.



Die Ganganalyse: Ein diagnostisches Mittel in der Neurologie

Das Ganglabor des Zentrums für Paraplegie erlaubt das Identifizieren spezifischer Defizite im Gangbild von Patienten mit neurologischen Erkrankungen und ermöglicht eine auf die Patienten zugeschnittene Rehabilitation.

Obwohl neurologische Erkrankungen häufig zu Störungen der Gehfunktion führen, sind genaue Charakterisierungen und Klassifizierungen dieser Defizite oft schwierig. Klinische Gangtests sind zwar schnell durchführbar, bieten jedoch oft nur eine ungenügende Empfindlichkeit und Genauigkeit zur Beschreibung der Gangstörung. Eine detaillierte Analyse der Gehfunktion ermöglicht ein tieferes Verständnis der exekutiven Funktionen von neuronalen Systemen und deren Einfluss auf die Lokomotion und ein auf den Patienten und seine individuellen Einschränkungen ausgerichtetes Training.

Erstellen von Gangprofilen

Die Mitarbeitenden des Ganglabors befassen sich mit der Charakterisierung der Bewegungsdefizite bei verschiedenen neurologischen Erkrankungen. Hierfür werden detaillierte Analysen im Stehen und Gehen mit Hilfe modernster kinematischer/kinetischer und elektromyographischer Techniken durchgeführt. Die Analysen beinhalten unterschiedliche Formen des Gehens wie normales freies Gehen (Spazieren), zielgerichtetes Gehen zu vorgegebenen Zielen, Gehen mit motorisch-kognitiven Mehrfachanforderungen (dual task) und Gehen ohne Sicht auf den Boden und die eigenen Beine. Die Resultate dieser Tests werden mit den Ergebnissen der klinisch-neurologischen und bildgebenden Untersuchungen der Patienten korreliert, was Rückschlüsse auf die Funktion spezifischer Hirnareale für die Lokomotion zulässt. Ein besseres Verständnis der spezifischen Gangdefizite, die aus bestimmten neurologischen Erkrankungen resultieren, soll die Entwicklung von neuen oder optimierten Rehabilitationsstrategien unterstützen. Zusätzlich kann die Charakterisierung des Gangmusters bei spezifischen Krankheiten helfen, Patienten besser für Studien zu stratifizieren und zu rekrutieren. Mittels Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten wird die Veränderung des Ganges im Krankheits- und Erho-

lungsverlauf analysiert. Diese Resultate können auch helfen, genauere Prognosen für Patienten mit bestimmten neurologischen Erkrankungen zu stellen.

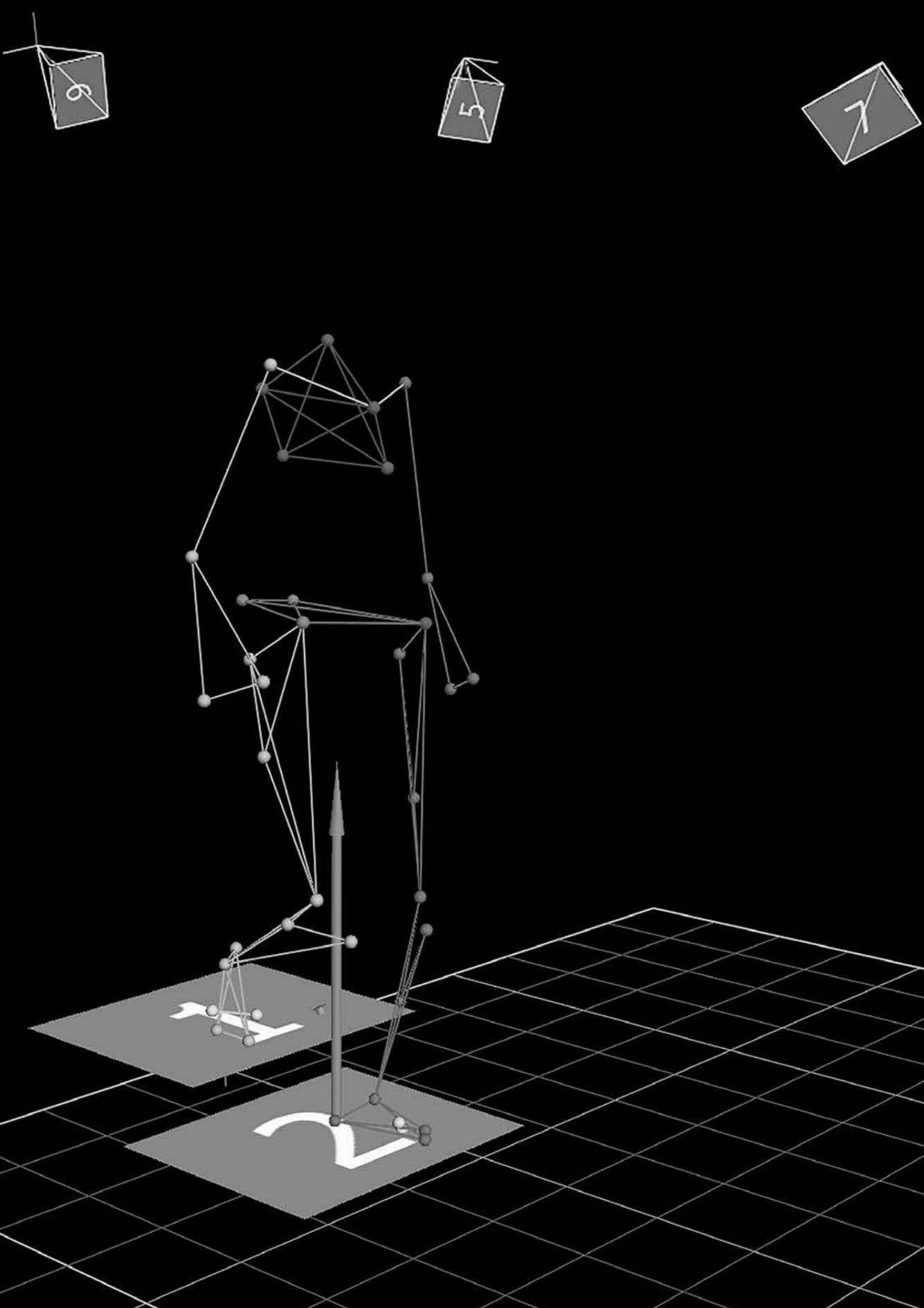
Defizitspezifisches Gangtraining

Die detaillierten Ganganalysen ermöglichen es den Ärzten und Therapeuten, defizitspezifische und auch individuelle Trainingsinterventionen, die exakt auf die einzelnen Patienten zugeschnitten sind, zu entwickeln. Dabei kann gezielt auf die Bedürfnisse des Patienten eingegangen werden. Die Ganganalysen geben zudem Aufschluss über den Rehabilitationsverlauf und erlauben es, das Gangtraining ständig auf die jeweiligen Fortschritte der Patienten anzupassen. Zusätzlich können mit diesen objektiven Analysemethoden den Patienten auf eindrückliche Art und Weise ihre eigenen Fortschritte aufgezeigt werden.

Dr. Marc Bolliger ist Leiter der Forschung des Zentrums für Paraplegie. Er befasst sich mit der genauen Beschreibung neurologischer Gangdefizite und ist verantwortlich für das Ganglabor am Balgrist Campus. Zusätzlich beschäftigt er sich mit der Entwicklung neuer Rehabilitationsroboter für Patienten mit neurologischen Gangstörungen.



Dr. med. et Dr. sc. nat. Björn Zörner ist seit April 2017 neuer Leiter des Ambulatoriums des Zentrums für Paraplegie. Er ist Facharzt für Neurologie und absolvierte nach dem Studium in Aachen und Heidelberg (Deutschland) seine klinische Ausbildung am Universitätsspital Zürich, am Spital Zollikerberg und an der Universitätsklinik Balgrist. Während einer Forschungszeit am Institut für Hirnforschung der Universität Zürich erforschte er in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Martin Schwab die Mechanismen der Erholung nach Rückenmarkverletzung im Tiermodell.



Multi-modale neurophysiologische Beurteilung

Die Untersuchung von unterschiedlichen Nervenbahnen im Rückenmark und peripheren Nervensystem verbessert die Diagnose von Patienten mit neurologischen Erkrankungen.

Subjektive sensorische Symptome wie «Ameisenlaufen», «Brennen», «Stechen» oder auch «Kältegefühl» sind häufig verbunden mit Störungen der Nervenleitung wie sie nach einer Rückenmarksverletzung, aber auch nach Schädigungen im peripheren Nervensystem auftreten können. Die Ursachen hierfür können mannigfaltig sein (z.B. Verletzung, Durchblutungsstörung, Tumor, Stoffwechselerkrankung etc.). Entscheidend für eine erfolgreiche Therapie sind die genaue Diagnose der beteiligten Nervenbahnen sowie das Ausmass der Schädigung. Hierzu braucht es objektive und verlässliche Messinstrumente, die sowohl bei unterschiedlichen Krankheiten, Patienten und auch an wiederholten Zeitpunkten einen Schaden sicher nachweisen können.

Was heisst multi-modal? Viele Techniken – ein Ziel

Im Rahmen der multi-modalen Diagnostik werden unterschiedliche Nerveigenschaften überprüft. Mit der Kontakthitze-Stimulation werden speziell die Fasern für den Hitzeschmerz untersucht. Die Kontaktkälte-Stimulation nimmt die Fasern, die leichte Abkühlung vermitteln, näher unter die Lupe. Ein relativ neues Verfahren stellen die sogenannten «Pinprick»-Potenziale dar. Hierbei werden mit Nadelstichreizen unterschiedlicher Stärke spezifisch mechanische Schmerzfasern aktiviert und somit eine klinisch wichtige Lücke geschlossen. Alle genannten Verfahren zielen auf die Diagnostik der sogenannten «Small Fibers». Dies sind sehr dünne Nervenfasern, die mit den klassischen Verfahren der Neurophysiologie nicht erfasst werden. Zusätzlich können mit diesen objektiven Analysemethoden den Patienten auf eindrückliche Art und Weise ihre eigenen Fortschritte aufgezeigt werden.

Wie läuft eine solche Untersuchung ab?

Die Zuweisung der Patientin bzw. des Patienten erfolgt entweder durch Kollegen anderer Kliniken bzw. Praxen oder durch eine andere Abteilung im Haus. Dort ist der Patient mit seinen Beschwerden vorstellig geworden und nun soll das subjektive Symp-

tom in Hinblick auf einen allfälligen Nervenschaden genauer untersucht werden. Anhand der vom Patienten geschilderten Symptomatik wird der massgeschneiderte Test ausgewählt. Im Regelfall schliesst sich an eine intensive klinisch-neurologische Untersuchung eine gezielte, weiterführende Diagnostik an.

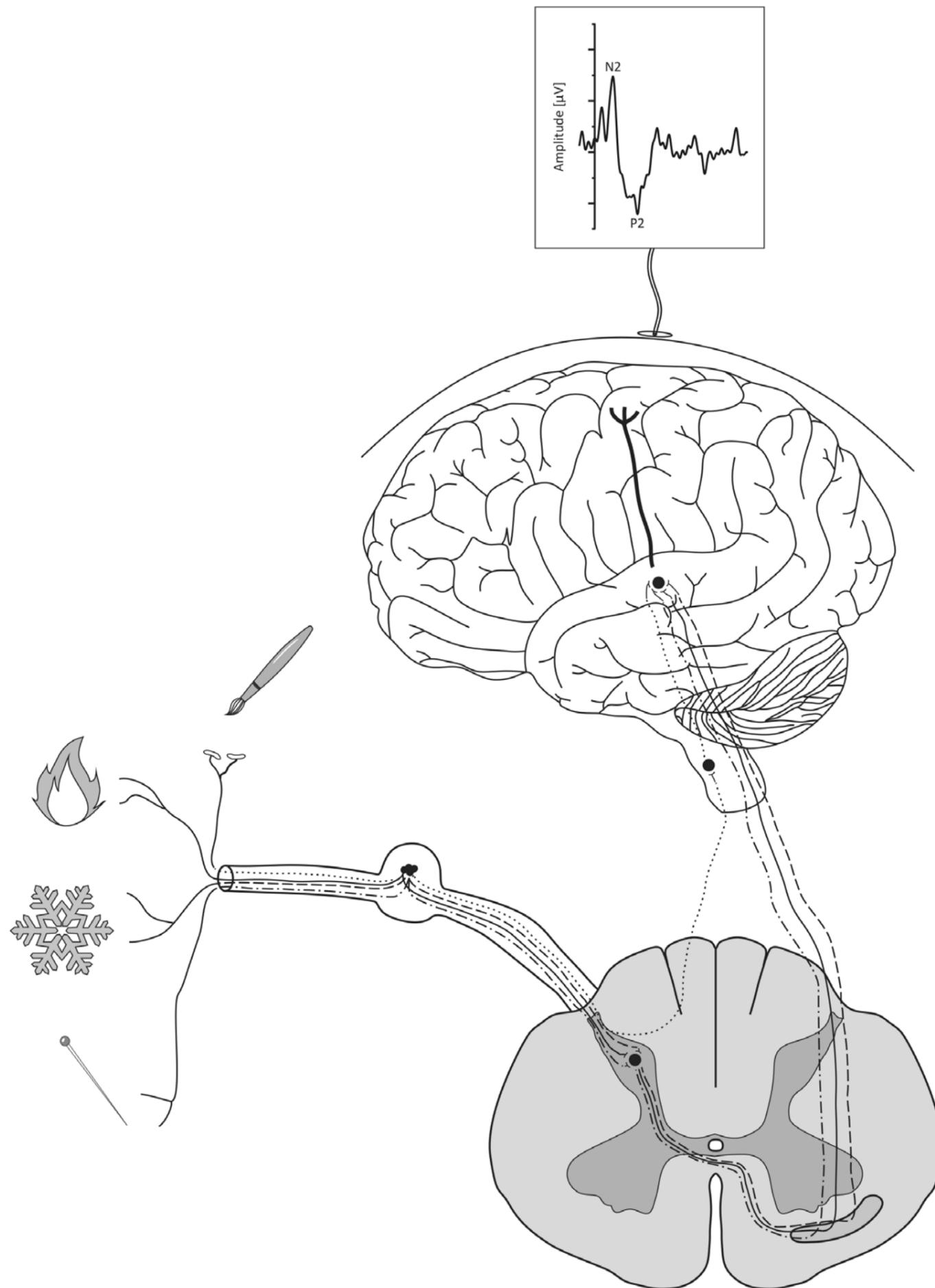
Zur Weiterentwicklung der genannten Verfahren arbeitet das Team aus Ärzten und Naturwissenschaftlern in engem Austausch. Fragen, die in der klinischen Routine aufkommen, werden auf Durchführbarkeit und Verlässlichkeit überprüft, sodass am Ende der Patient bestmöglich behandelt werden kann.

Das Zentrum für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist gehört weltweit zu den führenden Kliniken für die Behandlung von Rückenmarkserkrankungen. Entscheidend für uns ist die Zusammenarbeit von Klinikern und Forschern, um die Fortschritte von Diagnostik und Therapie auch in Zukunft weiter voranzutreiben.

Dr. Sc. Michèle Hubli ist seit 2016 stellvertretende Leiterin der Forschung des Zentrums für Paraplegie an der Universitätsklinik Balgrist und Gruppenleiterin der «Sensory Group». Ihre Forschungsgruppe befasst sich mit Veränderungen im sensorischen und autonomen Nervensystem nach einer Rückenmarksverletzung.



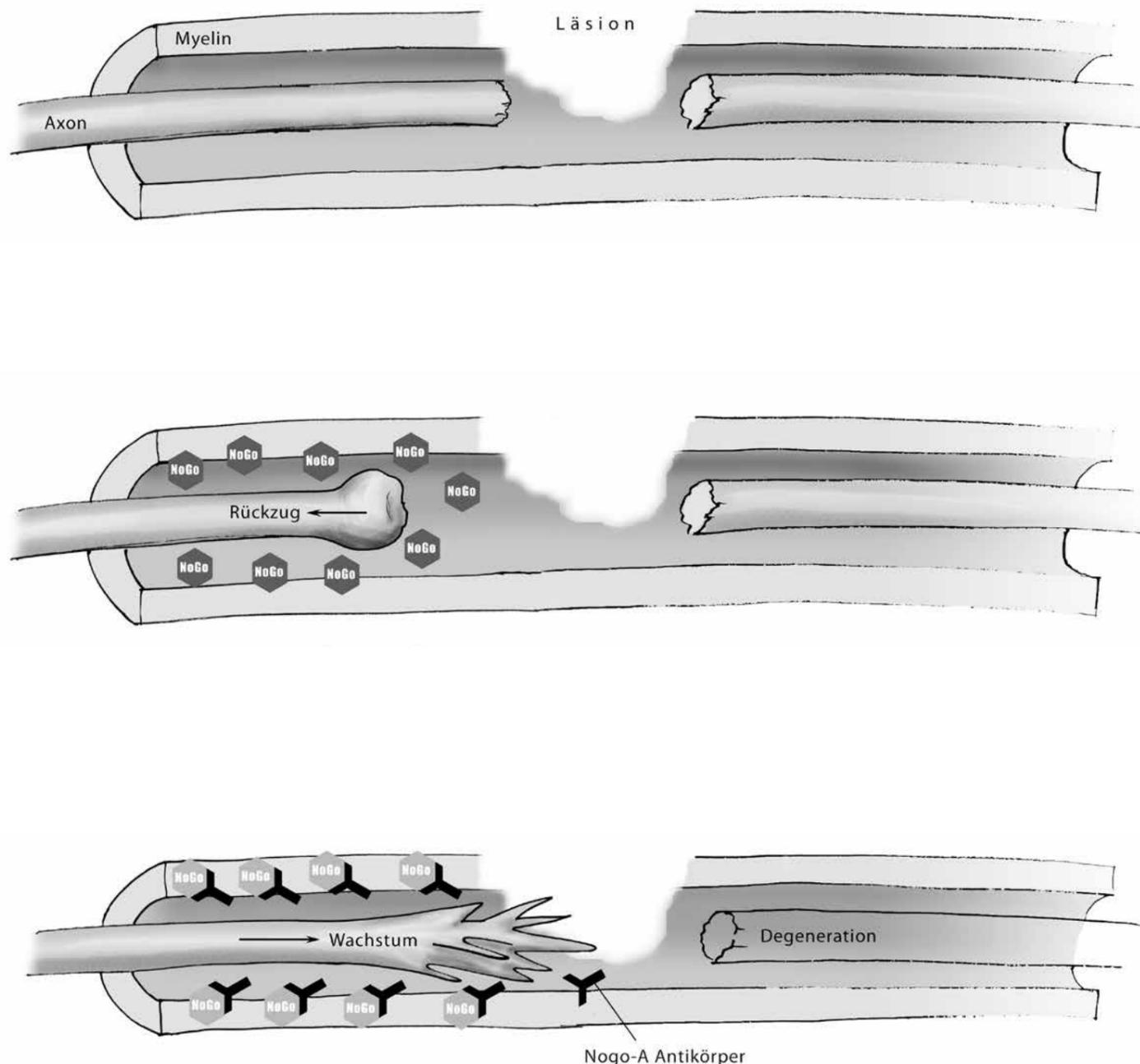
Dr. med Jan Rosner, MSc, ist Assistenzarzt und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschung des Zentrums für Paraplegie. Er hat ein spezielles Interesse an Schmerzforschung und versucht, sensorische Ausfälle nach Rückenmarksverletzung besser zu diagnostizieren.



Mittels unterschiedlicher Reize, z.B. Hitze, Kälte, Nadelstiche, können verschiedene Nerveigenschaften untersucht werden. Jeder Reiz wird von der Peripherie ins Rückenmark und dann ins Gehirn geleitet, wo mit Elektroden an der Kopfhaut ein Signal (evoziertes Potential) abgeleitet werden kann.

NISCI: Nogo-A-Antikörperhemmung bei Querschnittgelähmten

Das Zentrum für Paraplegie ist führend beteiligt an einer massgebenden Forschungsstudie für eine neue Therapie, die das Zusammenwachsen von Nervenfasern bei Patienten nach einer akuten zervikalen Rückenmarksverletzung verbessern soll.



Einmal durchtrennte Nerven im Rückenmark wachsen oft nicht mehr zusammen. Ein Grund dafür sind die sogenannten Nogo-A-Proteine. Diese hemmen das Wachstum von Nerven. Im Normalfall ist dies nach einer akuten Rückenmarksverletzung wünschenswert, da es sonst im Nervensystem zu einem unkontrollierten Wachstum und vermeintlichen Fehlverbindungen kommen würde. Im Falle einer Verletzung der Nervenfasern verhindert Nogo-A aber auch, dass diese wieder zusammenwachsen. Somit wird die Verbindung der Nervenzellen dauerhaft unterbrochen, was zu Lähmungen und Gefühlsstörungen führen kann. Mit einem neuen Therapieansatz sollen diese hemmenden Proteine neutralisiert werden, sodass die Nervenfasern im Falle einer Verletzung in ihrem Wachstum nicht gehemmt werden.

Antikörper als mögliche Therapie

Um das Nogo-A in seiner Funktion zu blockieren, werden die Antikörper bei dieser Studie den Patienten direkt ins Rückenmark gespritzt. Somit wird das Wachstum der Nervenfasern wieder ermöglicht. Dabei ist es wichtig, dass die Anwendung der Antikörper innerhalb der ersten Wochen nach der Rückenmarksverletzung erfolgt, da die Nervenfasern in diesem Zeitfenster noch die Möglichkeit zur Erholung besitzen.

Bisherige Studien sind vielversprechend

Seit den 80er-Jahren wird intensiv an wachstumshemmenden Substanzen im Rückenmark geforscht. Mit der Antikörper-Therapie konnten im Tierrmodell bereits grosse Fortschritte in der Rehabilitation erzielt werden. In einem nächsten Schritt wurde eine Studie am Menschen durchgeführt, um die Sicherheit und Verträglichkeit der Therapie zu prüfen. Auch diese Studie verlief erfolgreich.

Neue internationale, multizentrische Studie

Auf diese Resultate gestützt, soll Ende 2017 eine neue Studie namens NISCI (Nogo-Inhibitors in Spinal Cord Injury) beginnen, mit der die Wirksamkeit der Antikörper-Therapie gezeigt werden soll. An der Studie sind mehrere europäische Zentren beteiligt, die auf die Behandlung und Rehabilitation von Rückenmarksverletzten Patienten spezialisiert sind. Hierbei nimmt die Universitätsklinik Balgrist eine Führungsposition ein. Es werden Verbesserungen im Bereich der Bewegung und Sensibilität der Extremitäten erwartet, die den Querschnittgelähmten den Alltag erleichtern können. Ob allerdings eine komplette Heilung erreicht werden kann, ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

Prof. Dr. med. Armin Curt ist Chefarzt und Direktor des Zentrums für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Er wurde mit dem Schellenberg-Preis für herausragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Paraplegiologie ausgezeichnet, in dem er sich seit über 20 Jahren als Forscher und Kliniker engagiert.



Andrea Prusse ist seit 2013 Study Nurse am Zentrum für Paraplegie Balgrist. Sie ist ursprünglich Pflegefachperson und seit 20 Jahren in der Forschung tätig. Zuerst machte sie Clinical Monitoring in der Pharmabranche und betreute dabei viele Länder in ganz Europa. Danach war sie während sieben Jahren Studienkordinatorin in der Kardiologie in einem Wiener Spital.



STIMO: Epidurale elektrische Stimulation und robotergestützte Rehabilitation

Im Frühling 2016 wurde an der EPFL in Lausanne mit der STIMO-Studie gestartet. Das Zentrum für Paraplegie ist in dieser Studie als unabhängiges Assessment-Zentrum tätig.

Die STIMO-Studie ist eine innovative klinische Studie, welche die Sicherheit und Wirksamkeit von zwei kombinierten Behandlungen untersucht: 1) elektrische Stimulation des Rückenmarks und 2) robotergestützte Gangrehabilitation mit Gewichtsentlastung. Das Ziel ist, die Kontrolle der motorischen Funktion von inkomplett querschnittgelähmten Personen zu verbessern.

Dazu werden bei insgesamt acht Patienten im Universitätsspital des Kantons Waadt in Lausanne (CHUV) Elektroden im Rückenmark implantiert, die mit einem externen, tragbaren Elektrostimulator verbunden sind. Um in die Studie eingeschlossen zu werden, müssen unter anderem folgende Punkte erfüllt sein:

- Die Rückenmarksverletzung muss durch einen Unfall oder eine Einblutung ins Rückenmark bedingt sein.
- Das zur Rückenmarksverletzung führende Ereignis muss mindestens ein Jahr zurückliegen.
- Eine erste Neuro-Rehabilitation muss abgeschlossen sein.
- Die Patienten müssen mindestens fähig sein, mit Hilfe von zwei Krücken zu stehen.

Umfangreiche Vorabklärungen

Vor Einschluss in die Studie werden im CHUV umfangreiche Vorabklärungen durchgeführt. Diese beinhalten nebst Ganganalysen (z.B. 6-Minuten- und 10-Meter-Gehtest) und neurophysiologischen Messungen auch eine urologische Abklärung sowie ein PET-CT. In einem zweiten Schritt finden vor der Implantation des Elektrostimulators an der Universitätsklinik Balgrist ebenfalls Ganganalysen sowie neurophysiologische Assessments statt. Die Resultate dieser Tests bilden die Basis, um bei der späteren Auswertung der Studienresultate eine unabhängige Meinung über den Effekt der elektrischen Stimulation des Rückenmarks in Kombination mit der intensiven Gangrehabilitation zu erhalten.

Intensives Training und individuelle Stimulation

Nach der erfolgreichen Implantation des Elektrostimulators wird ein sogenanntes Mapping durchgeführt. Dabei wird ein auf die Patienten individuell abgestimmtes Stimulationsmuster erstellt und festgelegt. Im Anschluss daran absolvieren die Patienten ein intensives fünfmonatiges Rehabilitationsprogramm. In dieser Zeit trainieren sie unter anderem im FLOAT, einem Seilroboter, der das Körpergewicht verschieden stark entlasten kann. Dabei werden sie kontinuierlich von Physiotherapeuten und Experten für die elektrische Stimulation begleitet. Die elektrische Rückenmarksstimulation wird während des Trainings im Seilroboter angewendet, um die Bewegungen zu erleichtern und die Reorganisation neuronaler Verbindungen zu verbessern. Gleichzeitig lernen die Patienten dabei auch den Umgang mit dem Elektrostimulator, sodass sie das Gerät nach Abschluss der intensiven Rehabilitation auch zu Hause anwenden und so weitertrainieren können. Am Ende der Studie finden Evaluierungen in Lausanne (CHUV) und an der Universitätsklinik Balgrist statt.

Prof. Dr. med. Armin Curt ist Chefarzt und Direktor des Zentrums für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Er wurde mit dem Schellenberg-Preis für herausragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Paraplegiologie ausgezeichnet, in dem er sich seit über 20 Jahren als Forscher und Kliniker engagiert.



Iris Krüsi arbeitet seit Sommer 2014 in der Forschungsabteilung des Zentrums für Paraplegie als wissenschaftliche Mitarbeiterin. Nach mehreren Jahren Berufserfahrung als Pflegefachfrau auf einer internistischen Abteilung sowie im Zentrum für Paraplegie absolvierte sie ein berufsbegleitendes Bachelorstudium, das sie im Sommer 2013 erfolgreich abschloss.





ZurichMOVE: Sensorbasierte Technologie, die bewegt

ZurichMOVE ist eine Sensorplattform, die über längere Zeitperioden detaillierte Daten über Aktivitäts- und Bewegungsmuster sammeln kann – für Bewertung und Motivation.

Wer mit einer Lähmung konfrontiert ist, kann die Bewegungsfähigkeit je nach Fall dank Therapie zumindest teilweise zurückgewinnen. Die Neurorehabilitation hat daher zum Ziel, die Bewegungsfähigkeit und Selbständigkeit von Patienten mit neurologischen Erkrankungen mittels intensiver Therapie so gut wie möglich wiederherzustellen. Aber wie aktiv arbeiten Patienten ausserhalb der Reha darauf hin, wie wirkt sich dies auf ihre Erholung aus, und welche Aktivitäten des täglichen Lebens können sie danach zu Hause selbständig meistern? Hier kommt modernste Sensortechnik zum Zug, um diese Fragen zu beantworten.

Die JUMP-Module

Wenn bei Patientinnen und Patienten mit motorischen Erkrankungen die Therapiesitzung vorüber ist, übernimmt ZurichMOVE: Sensoren sammeln Tag und Nacht verschiedenste Daten über die Aktivitäts- und Bewegungsmuster der oberen und unteren Extremitäten und übermitteln diese an die ZurichMOVE-Plattform. So erhalten die Therapeuten Aufschluss darüber, wie im Alltag am Therapieziel gearbeitet wird oder inwiefern der Patient nach einer Therapie den Wiedereinstieg in den Alltag schafft. Die neueste Version der Sensoren namens JUMP kann über mehrere Tage Daten erfassen und ist aufgrund ihrer kleinen und wasserfesten Bauform für den Gebrauch im klinischen wie auch häuslichen Umfeld geeignet.

Den existierenden kommerziellen Geräten fehlt es an spezifischer Ausstattung, die auf Menschen mit motorischen Erkrankungen angepasst ist. So kann zum Beispiel die Mobilität wegen der unregelmässigen Gangmuster nicht einfach anhand der Schrittzahl erfasst werden und auch die Rollstuhlbewegung muss gemessen werden. Deshalb wurden die JUMP-Module in enger Zusammenarbeit zwischen dem Zentrum für Paraplegie und der ETH Zürich speziell für klinische Anwendungen entwickelt. Das Forschungsprojekt ZurichMOVE wird von einem interdisziplinären Team, bestehend aus verschiedenen Ärzten, Therapeuten, Ingenieuren und Forschern, umgesetzt.

Bewertung und Motivation

Die JUMP-Module wurden bereits bei Patienten mit einer zervikalen Rückenmarksverletzung sowie auch bei Rollstuhlsportlern eingesetzt, um qualitative und quantitative Informationen über ihre Aktivität und Mobilität zu erfassen. Das Ziel ist jedoch nicht nur ein objektives und detailliertes Bild über die motorischen Fähigkeiten des Patienten zu erstellen und geeignete Therapiemassnahmen zu identifizieren, sondern auch ihre Motivation für die Therapieübungen zu maximieren. Diese Aktivitätsmonitore können somit ein effektives Hilfsmittel zur Förderung eines gesunden Lebensstils sein.

Dr. László Demkó leitet die Sensortechnologie-Gruppe des Zentrums für Paraplegie an der Universitätsklinik Balgrist. Er erlangte seinen Doktor-Titel in Physik an der Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität Budapest in 2010. Seine ersten Jahre als Post-Doktorand verbrachte er an der Universität Tokyo und an der ETH Zürich, bevor er im Jahr 2016 an die Universitätsklinik Balgrist kam. Seine Forschungsgruppe befasst sich mit der Anwendung von neuen Sensortechnologien in der Neuro-Rehabilitation.



Prof. Dr. Roger Gassert ist ausserordentlicher Professor für Rehabilitationstechnik am Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie der ETH Zürich. Er studierte Mikrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne, und promovierte dort 2006 im Bereich Neuro-Robotik. Nach Forschungsaufenthalten am Imperial College London, der Simon Fraser University in Vancouver und ATR International in Japan wurde Roger Gassert 2008 als Assistenzprofessor für Rehabilitationstechnik an die ETH Zürich berufen.



Prof. Dr. William R. Taylor ist Professor für Bewegungsbiomechanik an der ETH Zürich, wo er an der Entwicklung neuer Methoden zur quantitativen Bewertung des funktionellen Zustandes von Patienten forscht. Durch die Untersuchung und Bewertung von neuro-muskulären und muskuloskelettalen Defiziten ermöglicht seine Forschung die frühzeitige Erkennung von Pathologien, die Entwicklung neuer Therapiemethoden sowie eine verbesserte klinische Entscheidungsfindung während des gesamten Behandlungszyklus.



Hochauflösende Bildgebung mit prognostischem Mehrwert

Die hochauflösende Bildgebung gewährt Einblicke in den Verlauf von Rückenmarksverletzungen und hat einen erheblichen Effekt auf die Auswahl und Optimierung der rehabilitativen Therapien.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) erlaubt es, Bilder vom Rückenmark und Gehirn aufzunehmen. Diese Untersuchungen werden bis heute verwendet, um anatomische Veränderungen auf Ebene der Morphologie wie Struktur (Form und Grösse), Volumen, Ausmass und Lokalisation von Läsionen zu erfassen. Mit dem MRT wird jedoch die Mikrostruktur (z.B. Myelin des Rückenmarks, einzelne Nervenbahnen und regenerative Prozesse) nicht abgebildet. Diese Veränderungen objektiv zu messen und in die klinische Beurteilung einfließen zu lassen, ist für die Paraplegiologie und die Diagnose von Erkrankungen des Rückenmarks von besonderer Bedeutung. Die Verbindung klinischer Messungen mit den Resultaten der MRT wird es erlauben, neue prognostische Biomarker zu entwickeln. Somit lässt sich der Verlauf nach einer Rückenmarksverletzung durch Trauma, Kompressionen, Ischämien sowie Tumoren besser beurteilen und ermöglicht eine bessere Individualisierung der Therapie.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, zusätzliche Informationen über die Intensität und Spezifität von rehabilitativen Therapien zu gewinnen und diese für den Patienten individuell anzupassen. Der Forschungsschwerpunkt liegt bei der hochauflösenden Bildgebung im Gehirn und Rückenmark ober- und unterhalb, als auch auf der Höhe der Verletzung bei Patienten mit einer akuten oder chronischen Rückenmarksverletzung. Zusätzlich wird der Einfluss von rehabilitativen Therapien auf das Gehirn und Rückenmark (z.B. Plastizität des Zentralnervensystems) untersucht. Es werden innovative Spitzentechnologien wie beispielsweise hoch-optimierte Sequenzen verwendet, die es ermöglichen, die weisse und graue Substanz im Rückenmark detailliert zu analysieren.

Dabei wird eng mit der Klinik und internationalen Forschungspartnern zusammengearbeitet, unter

anderem mit dem «Wellcome Trust Centre for Neuroimaging» am University College London und dem «Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences» in Leipzig. Die interdisziplinäre und enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Spezialisten der Universitätsklinik Balgrist ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Forschung. Dadurch konnte zum ersten Mal eine positive Beziehung zwischen trainingsinduzierten Verbesserungen des Gleichgewichts, der Muskelkraft und der Mobilität auf der einen Seite und den Volumenveränderungen im Gehirn und Hirnstamm auf der anderen Seite während einer rehabilitativen Intervention bei Patienten mit einer inkompletten Querschnittlähmung durch virtuell verstärktes Gangtraining festgestellt werden. Diese Veränderungen werden schon nach vier Wochen intensiven Trainings sichtbar.

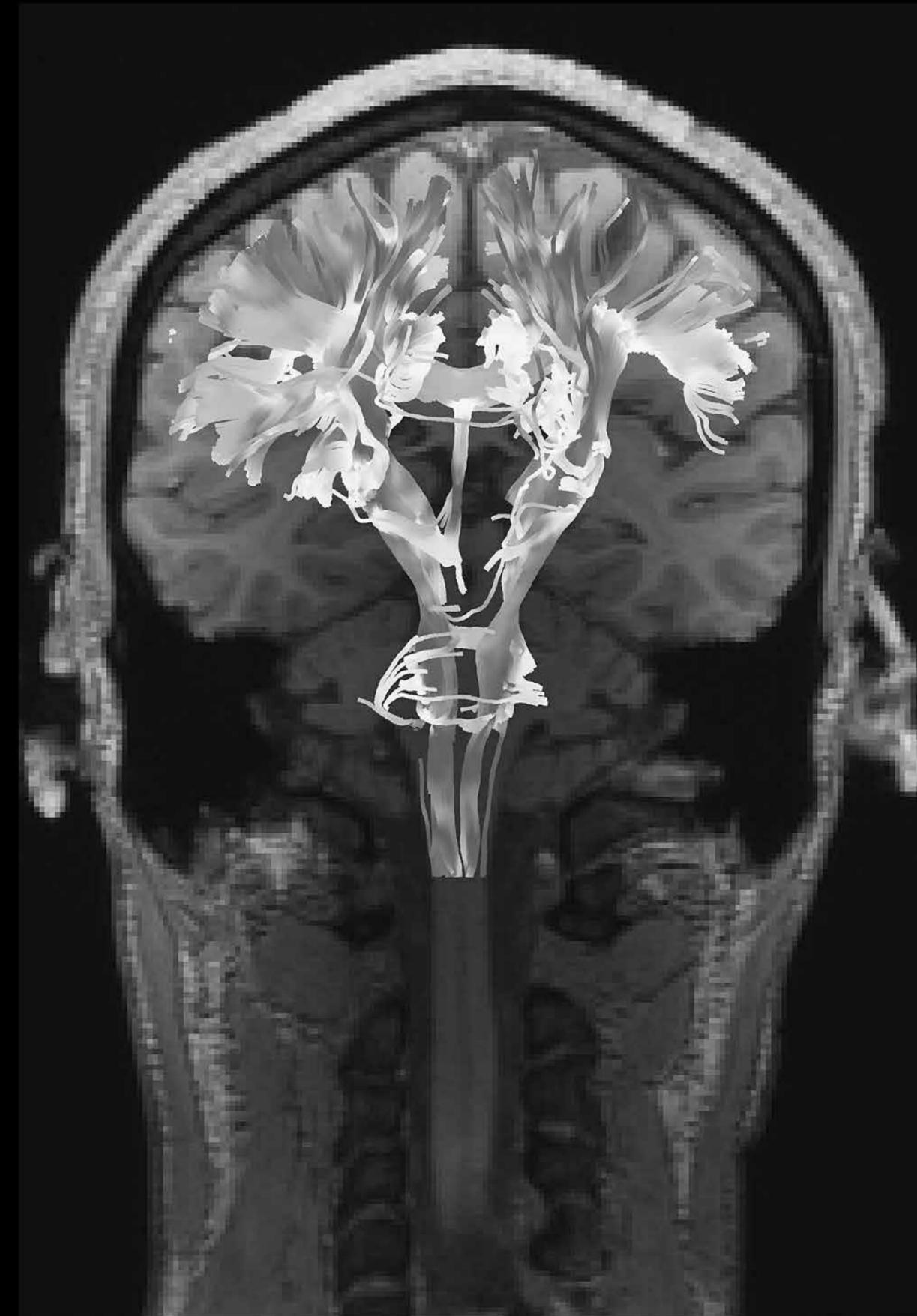
PD Dr. rer. nat. et Dr. med. Patrick Freund

hat in Fribourg Biologie und in Zürich Medizin studiert und in beiden Fächern doktoriert und in Medizin habilitiert. Er ist Leiter der Neuroimaging Gruppe und Arzt in Ausbildung in der Neurologie. Sein Hauptinteressensgebiet liegt in der Erforschung der zentralen Plastizität und Rehabilitation mittels bildgestützter Messungen. Das Ziel seiner Arbeit besteht darin, die Wirkung von medikamentösen Behandlungen auf das Zentralnervensystem oder von rehabilitativen Massnahmen schneller sichtbar zu machen.



Dr. Maryam Seif

hat an der Universität Bern Biomedizin-Technik studiert und im MRI-Bereich doktoriert. Sie ist MR-Koordinatorin der Neuroimaging-Gruppe. Ihr Hauptprojekt konzentriert sich auf die Entwicklung von quantitativen MRT-Biomarkern für Rückenmarksverletzungen. Sie entwickelt und verwendet die aktuellsten quantitativen MRT-Methoden zur Charakterisierung der Mikrostruktur im Hirn und im Rückenmark-Bereich. Diese MRT-Methoden sollen als sensibler Biomarker für die Wirkung der Behandlung auf das Zentralnervensystem oder von rehabilitativen Massnahmen dienen.



Rehabilitationsrobotik: Neue Technologien helfen im Alltag und in der Therapie

Am Balgrist Campus arbeiten Ingenieure, Ärzte und Therapeuten gemeinsam an den Robotern der Zukunft, für den Einsatz in der Bewegungstherapie oder die Bewegungsassistenz im Alltag.

Roboter finden vermehrt Einzug in der Neurorehabilitation. Dabei unterscheidet man Assistenzsysteme, die Menschen mit neurologischer Erkrankung im Alltag unterstützen, von Geräten, die in der Therapie eingesetzt werden, um Bewegungen wieder zu erlernen. Die Rehabilitation Robotics Group am Balgrist entwickelt solche Geräte für die Therapie und Unterstützung der oberen und unteren Extremitäten.

High-Tech-Anzug zur Bewegungsunterstützung

Der Myosuit ist ein motorisierter Anzug, der zur Unterstützung verschiedener Gangfunktionen für den Alltag, z.B. im häuslichen Umfeld, entwickelt wurde. Das Prinzip des Geräts beruht auf Kraftübertragung in funktionelle Textilien, die bequem getragen werden können. Eingebaute Motoren, feine Seilzüge, empfindliche Sensoren und Computerintelligenz ermöglichen die Unterstützung der gehbehinderten Person bei körperlich anspruchsvollen Aktivitäten wie Aufstehen, Stehen, Gehen und Treppensteigen. Das Gerät zeichnet sich durch ein geringes Gewicht, kleine Bauweise und einfache Bedienung aus, sodass der Nutzer den Myosuit im gewohnten Alltag, z.B. beim Autofahren oder in Kombination mit dem Rollstuhl, verwenden kann. Das Gerät wird derzeit mit einer zusätzlichen Komponente zur Unterstützung der Arme erweitert, zum Einsatz für Personen mit Lähmungen in den oberen Extremitäten.

Armtherapie-Roboter ARMin

Der am Balgrist gemeinsam mit der ETH Zürich entwickelte Armtherapie-Roboter ARMin dient dem motorischen Training des gelähmten Armes nach neurologischen Erkrankungen wie Querschnittlähmung oder Schlaganfall. ARMin unterstützt den Patientenarm gezielt in jedem Gelenk beim Wiedererlernen von Bewegungen im dreidimensionalen Raum. Die aktivierte Exoskelett-Struktur erlaubt

eine koordinierte Bewegung aller Gelenke des Armes sowie ein Öffnen und Schliessen der Hand. Im Modus «Aktivitäten des täglichen Lebens» werden dem Patienten Aufgaben in einer virtuellen Umgebung präsentiert. Ballspiele oder Tätigkeiten wie Kochen werden durch visuelle, akustische und haptische Rückmeldungen motivierend gestaltet. Der Roboter unterstützt den Patienten hierbei bedarfsorientiert und nur so viel wie nötig. In einer grossangelegten, multizentrischen Studie an Patienten im chronischen Stadium nach einem Schlaganfall konnte gezeigt werden, dass die mit ARMin behandelten Patienten, insbesondere die schwerer Betroffenen, ihre Armfunktion stärker verbessern konnten als eine konventionell trainierte Patientengruppe. Aktuell entwickeln wir neue Strategien zur Fusion von Therapeutenerfahrung und Roboterunterstützung. Dabei ist der Roboter in der Lage, von der Erfahrung und der Fähigkeit des Therapeuten zu lernen und das Gelernte umgehend am Patienten anzuwenden. Zudem werden neue Arten von roboterunterstützten Gruppentherapien entwickelt, die es erlauben, mehrere Patienten mit unterschiedlicher Erkrankung und Beeinträchtigung an verschiedenen Robotern gleichzeitig und gemeinsam trainieren zu lassen. Dies erhöht nicht nur die Motivation, sondern auch den Trainingserfolg.

Prof. Dr. Robert Riener studierte Maschinenbau an der TU München und University of Maryland und schloss sein Studium mit der Promotion ab. Nach einem Forschungsaufenthalt am Politecnico di Milano und der Habilitation an der TU München wurde er 2003 als Assistenzprofessor für Rehabilitation Engineering an die ETH Zürich und an die Universitätsklinik Balgrist berufen. Heute ist Riener ordentlicher Professor für Sensomotorische Systeme an der ETH Zürich und ordentlicher Professor am Zentrum für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Fokus seiner Forschung ist die Reharobotik.





Rückenschmerzen mit dem Smartphone erkennen und beobachten: Eine Big-Data-Challenge

Mobile Gesundheitstechnologien können eingesetzt werden, um Rückenschmerzen besser zu verstehen. Dafür soll eine Smartphone-App Freiwillige und Forscher vernetzen.

Nahezu jede in der Schweiz lebende Person leidet im Laufe ihres Lebens mindestens einmal an Rückenschmerzen – einer vielfältigen, komplexen und bis heute noch nicht vollständig verstandenen Erkrankung. Teure chirurgische Eingriffe sollen vermieden werden. Angesichts der zahlreichen Ausprägungen dieser Krankheit ist es für die Ärzte nicht immer leicht, die richtige Behandlungsmethode zu finden. Ein wichtiger Lösungsschritt ist die Beobachtung des Verhaltens vieler verschiedener Menschen, die an Rückenschmerzen leiden oder daran erkranken. Oft wird medizinischer Rat nicht aufgesucht und daher bleiben viele Merkmale unbekannt. Vernetzte digitale Technologien können hier gute Dienste leisten.

Im gemeinsamen Projekt von Wissenschaftlern der ETH Zürich, des Universitätsspitals Zürich, des Balgrist Move>Med und von einem Partner der Medizingeräteindustrie (Hocoma AG) sollen mobile Gesundheitstechnologien für die Erforschung und Behandlung von Rückenschmerzen eingesetzt werden. Die eigens für diesen Zweck entwickelte App soll Nutzern dabei helfen, ihre Gesundheit aktiv zu fördern. Gleichzeitig können App-Nutzer als «Citizen Scientists» einen Beitrag zum Erkenntnisgewinn in der Rückenschmerzforschung leisten.

Die App im Forschungsprojekt

Durch den Einsatz von Smartphone-Apps in Forschungsprojekten kann eine grössere Anzahl von Teilnehmern erreicht werden, als es in Studien im Labor möglich ist. Probleme mit komplexem Hintergrund, wie zum Beispiel Rückenschmerzen, können so in all ihren Ausprägungen erfasst werden.

Während des Gebrauchs der App fallen Daten an, die von Freiwilligen für das Forschungsprojekt zur Verfügung gestellt werden können. Aus diesen Daten werden Software-Modelle entwickelt, die es ermögli-

chen sollen, verschiedene Strategien (Bewegung, Physiotherapie, Gesundheitserziehung) zur Vorbeugung oder Linderung von Rückenschmerzen für den individuellen Fall computergestützt auszuwählen. Anschliessend werden die im Projekt beteiligten Mediziner untersuchen, welche Strategien erfolgreich sind und warum.

Entwicklung und Einsatz mobiler Technologien

Um verschiedene Nutzerbedürfnisse zu berücksichtigen, werden im Rahmen der Entwicklung ausführliche Interviews geführt. Die Ergebnisse dieser Befragungen fliessen wiederum in die Entwicklung der App ein. Ausserdem werden neue Strategien für die Erfassung und Verwaltung sensibler Gesundheitsdaten und für die Implementierung der entsprechenden Analyse-Software entwickelt und eingesetzt. Damit sollen die Chancen, die mobile Technologien für die Gesundheitsförderung bieten, wahrgenommen und erweitert werden.

Prof. Dr. Walter Karlen ist Leiter des Labors für mobile Gesundheitssysteme der ETH Zürich. Seine Arbeitsgruppe forscht an patientennahen, automatisierten medizinischen Systemen. Dabei kommen Smartphones und portable medizinische Geräte zum Einsatz. Er studierte an der EPF Lausanne Mikrotechnik und promovierte dort im Bereich Informatik, Kommunikation und Informationswissenschaften. Danach war er Forschungsassistent an der Universität Stellenbosch in Südafrika, am BC Children's Hospital sowie an der University of British Columbia in Kanada.



Neuromodulation: Innovative Therapie in der Neuro-Urologie

Mit der Neuromodulation kann bei therapie-refraktären Harnblasenfunktionsstörungen oft auch in aussichtslos scheinenden Situationen eine erstaunliche Wirkung erzielt werden.

Bei der Neuromodulation wird die Funktion nachgeschalteter Neurone durch Stimulation eines Neurons beeinflusst, d.h. moduliert. Es kommt zum indirekten Effekt am Zielorgan. Gängige Arten der Neuromodulation sind die transkutane elektrische Nervenstimulation, die tibiale Nervenstimulation und die sakrale Neuromodulation. In den letzten Jahren ist die Neuromodulation zu einem wichtigen Bestandteil des neuro-urologischen Armamentariums geworden und stellt eine wirksame Alternative zu pharmakologischen und operativen Therapien dar. Dennoch sind viele Fragen offen, die wir in mehreren laufenden Studien zu klären versuchen, um mit diesem vielversprechenden Therapieverfahren die Lebensqualität der Patienten weiter zu verbessern.

Innovatives Untersuchungsverfahren im Einsatz

Obwohl periphere Afferenzen eine Schlüsselrolle spielen dürften, ist der Wirkmechanismus der Neuromodulation nicht vollständig geklärt. Dank dem vom Neuro-Urologie-Team des Zentrums für Paraplegie entwickelten innovativen Untersuchungsverfahren der somatosensibel evozierten Potentiale des unteren Harntraktes, konnten bereits neue Erkenntnisse über die Harnblasenfunktion gewonnen werden. Diese Methode wird nun auch bei der Erforschung des Wirkmechanismus der Neuromodulation eingesetzt.

In einer randomisierten, placebo-kontrollierten Studie wird die Wirksamkeit der nicht-invasiven transkutanen tibialen Nervenstimulation bei neurogenen Harnblasenfunktionsstörungen untersucht. Dazu wird der Tibialis-Nerv im Bereich des Malleolus medialis transkutan mit einer Klebe-Elektrode zwei Mal pro Woche während sechs Wochen stimuliert.

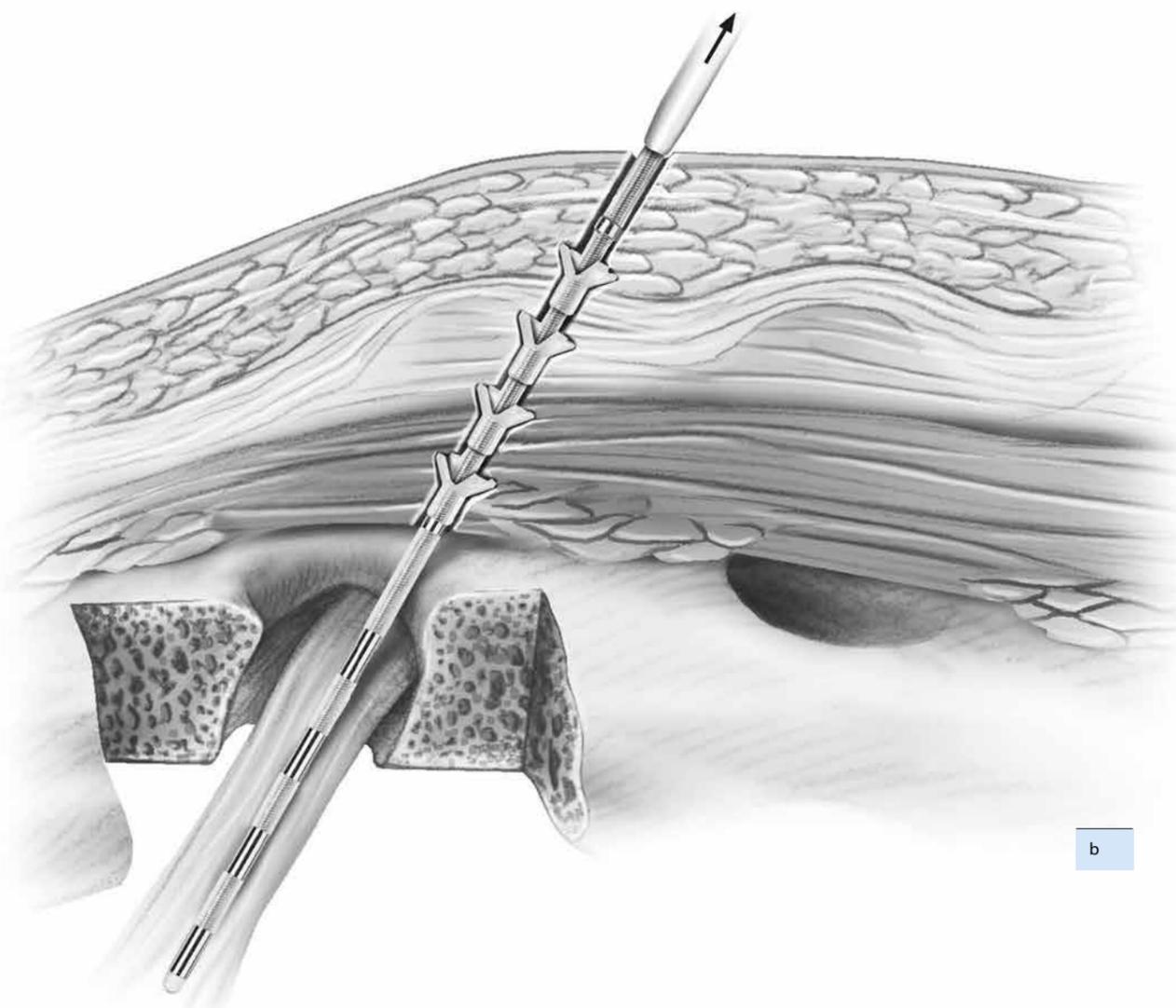
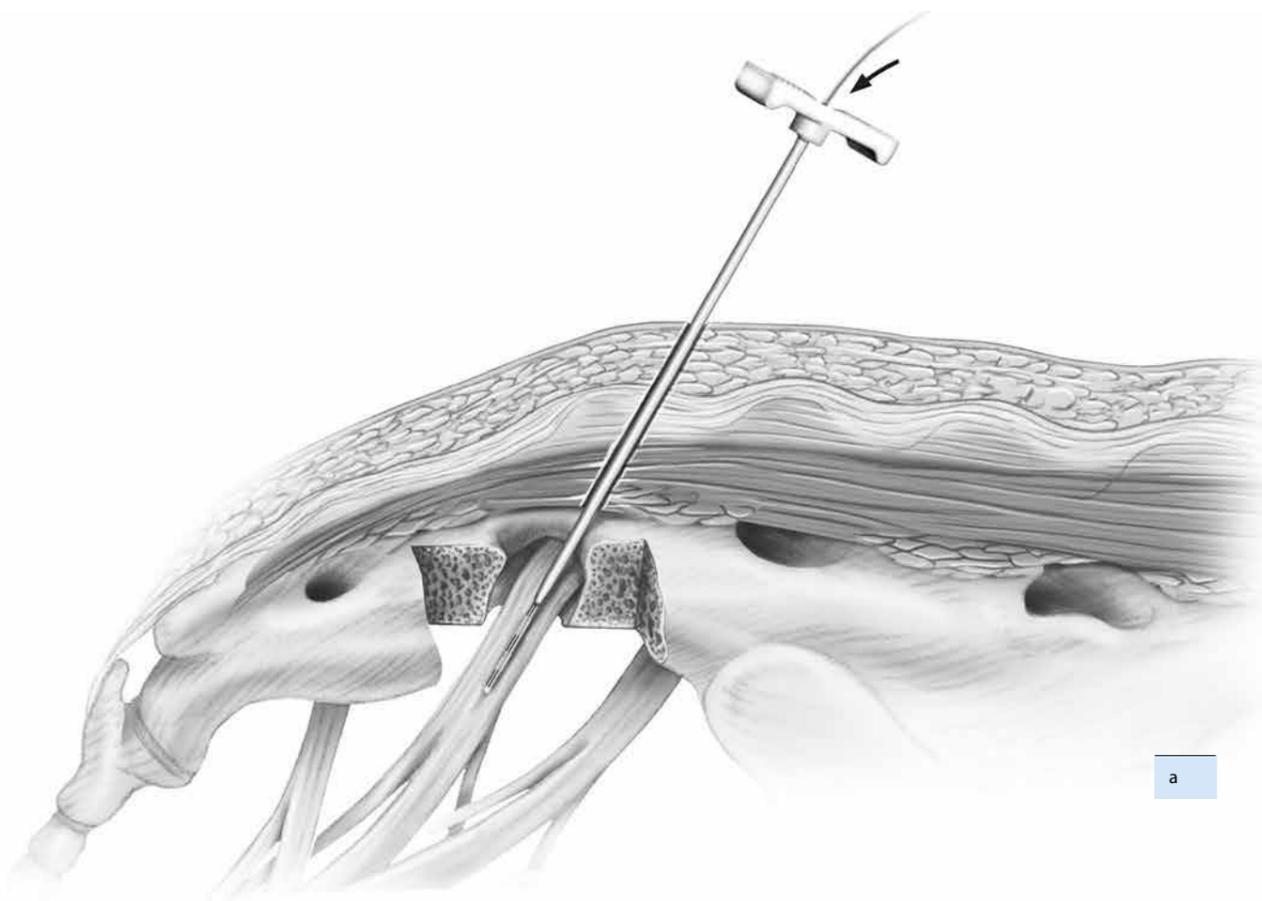
Weltweit einzigartiges Forschungsprojekt

In einem weiteren, weltweit einzigartigen, vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützten For-

schungsprojekt wird unter der Leitung des Neuro-Urologie-Teams im Rahmen einer Schweizer Multi-centerstudie die Effektivität der sakralen Neuromodulation im Vergleich zu Placebo bei neurogenen Harnblasenfunktionsstörungen geprüft. Die sakrale Neuromodulation ist ein minimal-invasives Zwei-Schritt-Verfahren: In einem ersten Schritt werden Elektroden (vgl. Abbildung) in die Sakralforamina S3 und/oder S4 implantiert, perkutan ausgeleitet und mit einem externen Impulsgeber konnektiert. Zeigt sich während einer mehrwöchigen Testphase eine relevante Besserung der Harnblasenfunktionsstörung, wird in einem zweiten Schritt der einem Herzschrittmacher gleichende Neuromodulator («Blasenschrittmacher») subkutan im Gesässbereich implantiert und mit der bereits eingepflanzten Elektrode verbunden.

Die Forschungsprojekte zur Neuromodulation werden wichtige neue Einblicke in die problematische Behandlung bei neurogenen Harnblasenfunktionsstörungen geben und das neuro-urologische Management wesentlich beeinflussen.

Prof. Dr. med. Thomas M. Kessler spezialisierte sich in Neuro-Urologie an der Universitätsklinik Innsbruck unter Prof. Dr. Helmut Madersbacher und am National Hospital for Neurology and Neurosurgery, University College London, unter Prof. Dr. Clare J. Fowler. Er leitet seit November 2010 die Neuro-Urologie der Universitätsklinik Balgrist und ist Präsident der Swiss Continence Foundation und der Swiss Society for Sacral Neuromodulation, Vize-Präsident der International Neuro-Urology Society sowie Mitglied verschiedener Fachgesellschaften.



CYBATHLON bewegt Mensch und Technik

Im Oktober 2016 wurde der CYBATHLON erstmalig durchgeführt; ein Wettkampf, bei dem Menschen mit Behinderungen, unterstützt von Assistenzsystemen, gegeneinander antreten.

Was im Jahr 2013 mit einer Idee begann, wurde drei Jahre später zu einem einzigartigen Event: der CYBATHLON. Mit Unterstützung der Universitätsklinik Balgrist organisierte die ETH Zürich, unter der Leitung von Prof. Robert Riener, den ersten Wettkampf für Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen, die mit Hilfe modernster, robotischer Assistenzsysteme verschiedene Aufgaben des täglichen Lebens absolvierten. Ziel des CYBATHLON ist es, Forschung und Entwicklung von assistiven Technologien voranzutreiben sowie den kritischen Diskurs über die Inklusion und Barrierefreiheit anzuregen. Die Wettkämpfe setzten sich aus sechs Disziplinen zusammen.

Die sechs Disziplinen

Hindernisparcours mit Knieprothesen

Piloten mit einer Beinamputation verwenden eine aktuierte Beinprothese und absolvieren so einen Parcours mit spannenden und alltagsrelevanten Hindernissen.

Geschicklichkeitsparcours mit Armprothesen

Piloten mit einer Armamputation verwenden eine aktuierte Armprothese, um damit alltagsrelevante ein- und beidhändige Bewegungsaufgaben schnell und präzise zu absolvieren.

Hindernisparcours mit Exoskeletten

Piloten mit einer Querschnittlähmung verwenden motorisierte Orthesen und absolvieren so einen Parcours mit alltagsrelevanten Hindernissen.

Hindernisparcours für motorisierte Rollstühle

Piloten mit Gehbehinderung steuern einen motorisierten Rollstuhl und absolvieren so einen Parcours mit alltagsrelevanten Hindernissen.

Hirngesteuertes Rennen mit virtuellen Avataren

Stark gelähmte Piloten steuern mittels einer Hirn-Computer-Schnittstelle Kraft ihrer Gedanken einen virtuellen Avatar durch einen computeranimierten Rennparcours.

Radrennen mit elektrischer Muskelstimulation

Piloten mit einer kompletten Querschnittlähmung absolvieren mit Hilfe elektrisch stimulierter Muskeln ein Radrennen.

Austausch und Zusammenarbeit prägten Event

Menschen mit Behinderungen sowie Behinderungsorganisationen, Spitäler, Forschungsinstitute, Industrie und Politik standen fördernd zur Seite. Die Universitätsklinik Balgrist stellte Fachwissen, Material und Räumlichkeiten zur Verfügung. Wettkämpfe und Hindernisse konnten so bereits vor dem Event getestet werden. Der medizinische Leistungstest der Piloten am Vortag des CYBATHLON wurde von Ärzten der Universitätsklinik Balgrist durchgeführt. Die Chefarzte Armin Curt (Paraplegie) und Thomas Böni (Prothetik) sowie Walter Frey (Balgrist Move>Med) waren Mitglieder des CYBATHLON-Beraterkomitees.

Am 8. Oktober 2016 nahmen schliesslich 66 Piloten aus 25 Nationen an den Rennen teil. Der CYBATHLON wurde zu einem unvergesslichen Event. Schliesslich entschied die Schulleitung der ETH Zürich, den CYBATHLON als Veranstaltung im Dienste der Wissenschaft und Gesellschaft fortzuführen. Am 2.-3. Mai 2020 findet der nächste CYBATHLON in Zürich statt.

Prof. Dr. Robert Riener hat eine Doppelprofessur am Forschungszentrum für Paraplegiologie der Universitätsklinik Balgrist (medizinische Fakultät, Universität Zürich) und am Departement für Gesundheitswissenschaften und Technologie (D-HEST) der ETH Zürich inne. Seit Februar 2016 ist er auch Vorsteher des D-HEST. Seine Forschung konzentriert sich auf die Untersuchung der sensorisch-motorischen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Maschine. Robert Riener ist Erfinder und Initiator des CYBATHLON.



Elastografie: Mit Schallwellen die Qualität von Muskeln und Sehnen ertasten

Handauflegen war gestern. Ultraschall-Elastografie ist um ein Vielfaches genauer als der menschliche Tastsinn. Die Radiologie der Universitätsklinik Balgrist erforscht die Anwendbarkeit der Methode bei Muskel- und Sehnenkrankungen.

Krankhafte Veränderungen von Organsystemen führen in der Regel zu einer Veränderung der Gewebzusammensetzung und damit der physikalischen Gewebeeigenschaften. Bereits seit der Antike gehört daher das Ertasten von Organstrukturen mit der blossen Hand (sog. «Palpation», vom lateinischen Wort «palpare» = ertasten) zu den Eckpfeilern der körperlichen Untersuchung. So war z.B. eine als «höckrig» ertastete Leberoberfläche lange Zeit der erste Hinweis auf das Vorliegen einer Leberzirrhose. Modernste Technik in Form der «Ultraschall-Elastografie» kann die menschliche Hand bei der Bestimmung der Steifigkeit eines Gewebes nicht nur ersetzen, sondern übertrifft sogar den menschlichen Tastsinn.

Technik und Entwicklung

Die Grundlagen dieser Methode wurden bereits am Anfang der Nullerjahre dieses Jahrtausends entwickelt, aber erst technische Innovationen der letzten Jahre erlaubten den Sprung von einem rein qualitativen zu einem quantitativen Untersuchungsverfahren. Die moderne Ultraschall-Elastografie verwendet Ultraschall-Wellen sowohl zur Darstellung als auch zur Verformung von Gewebe. Dabei entstehen im Gewebe sogenannte «Scherwellen», deren Geschwindigkeit mit dem Schallkopf gemessen und zur Berechnung der Elastizität des Gewebes verwendet wird. Die Messung dauert nur ein paar Sekunden und wird dem Untersucher sofort in einer farbcodierten Karte angezeigt: je schneller die Scherwellen, umso steifer das Gewebe. Somit kann die Steifigkeit eines Organs ohne invasive Entnahme von Organproben bestimmt werden.

Einsatz der Methode

Die Ultraschall-Elastografie kann zur Erfassung von physiologischen (z.B. Muskelkater) oder degenerativen Veränderungen in Muskeln und Sehnen verwendet werden. Sehnen und Muskeln verlieren durch Degeneration in der Regel deutlich an Steifigkeit. Die

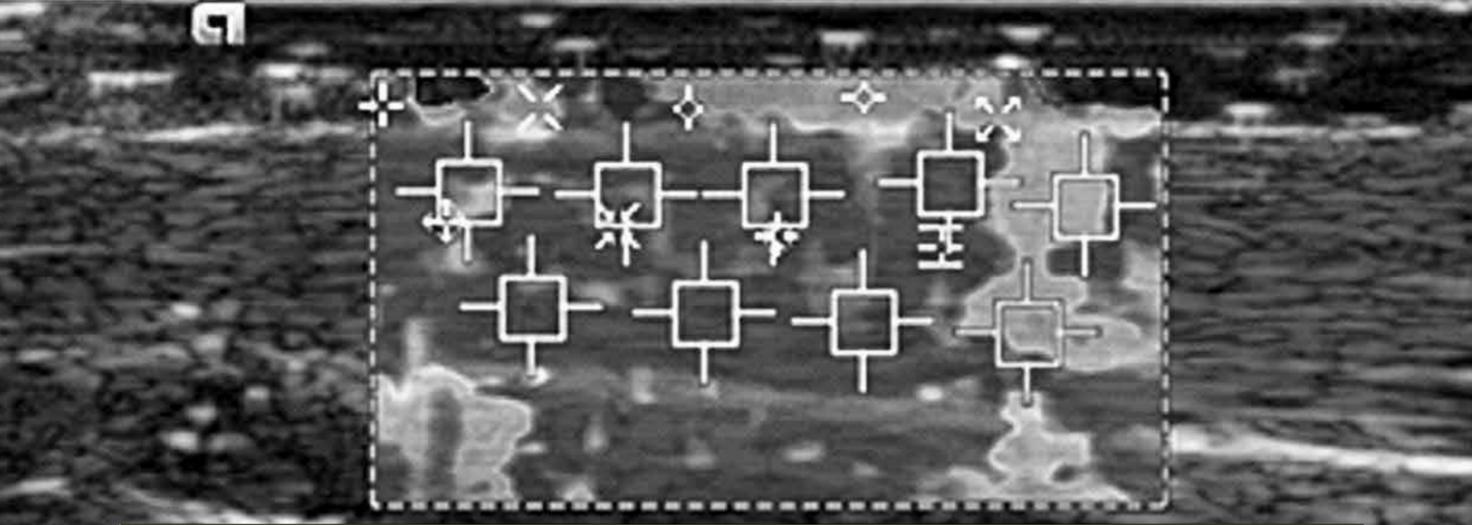
Sehnen der Rotatorenmanschetten-Muskulatur an der Schulter gehören zu den am häufigsten verletzten Strukturen des Bewegungsapparates. Grössere Sehnenrisse führen langfristig zu Veränderungen im zugehörigen Muskel: es kommt zu Verlust von Muskelvolumen (Atrophie) und zu Fetteinlagerungen. Die Radiologie der Universitätsklinik Balgrist konnte in einer Studie zeigen, dass die Ultraschall-Elastografie sowohl zwischen gesunden und erkrankten Muskeln als auch zur Quantifizierung des Verfettungsgrads im Muskel geeignet ist: es kommt jeweils zu einer deutlichen Abnahme der gemessenen Scherwellengeschwindigkeit.

In enger Kollaboration mit dem Forschungslabor für orthopädische Biomechanik werden Studien zur Sehnendegeneration durchgeführt (vgl. Bild). Das Ziel ist die Erfassung früher Stadien der Degeneration, noch bevor Veränderungen im normalen Ultraschall oder MR sichtbar werden.

Dr. med. Andrea B. Rosskopf ist Oberärztin in der Radiologie der Universitätsklinik Balgrist und Dozentin an der Universität Zürich. Für ihre Forschung auf diesem Gebiet wurde Dr. Andrea Rosskopf von der Schweizerischen Gesellschaft für Radiologie mit dem renommierten Jubiläumspreis ausgezeichnet.



Prof. Dr. med. Christian W.A. Pfirrmann ist Chefarzt der Radiologie der Universitätsklinik Balgrist und spezialisiert auf die Diagnostik des Bewegungsapparates.



«Texture Analysis» bei der Tumordiagnose: Das Muster führt zur Diagnose

Moderne computergestützte Analysetechniken ermöglichen Mustererkennungen in Tumorgewebe, die mit bloßem menschlichem Auge nicht erfassbar sind.

«Texture analysis», oder zu Deutsch Texturanalyse, beschreibt die computergestützte Analyse von Gewebestrukturen. Hierfür werden mittels radiologischer Verfahren hochauflösende Bilder der zu untersuchenden Körperregion angefertigt und mit entsprechender Computersoftware analysiert. Dabei kann die Texturanalyse prinzipiell auf jegliches bildgebende Verfahren angewendet werden, jedoch zeigten sich die vielversprechendsten Ergebnisse bisher bei der Analyse von Computertomographien und Kernspintomographien.

Die Texturanalyse beruht auf einer Vielzahl von mathematischen Algorithmen, die Muster von Gewebestrukturen charakterisieren, die für das menschliche Auge im Rahmen traditioneller Bildbegutachtung nicht erfassbar sind. Dies geschieht auf Basis der Graustufenverteilungen der Pixel bzw. Voxel eines Bildes. Die Gewebeeigenschaften werden dabei als Zahlenwert quantifiziert, was den Vergleich von unterschiedlichen Gewebearten ermöglicht.

Die Texturanalyse wurde mittlerweile auf diverse Gewebestrukturen angewendet, wobei insbesondere die Analyse von Tumorgewebe einen Mehrwert zur traditionellen radiologischen Bildbegutachtung und Diagnosefindung darstellt. Ein Schwerpunkt unserer Forschung liegt in der Erforschung des Nutzens der Texturanalyse zur Charakterisierung von chondrogenen Knochentumoren. Bei den chondrogenen Knochentumoren handelt es sich um eine Gruppe von Neoplasien, die ihren Ursprung in Knorpelzellen finden. Diese können sowohl gutartig als auch bösartig sein. Die gutartigen Tumoren sind dabei sehr häufig und finden sich hauptsächlich in den Händen, Füßen und langen Röhrenknochen. Die bösartigen Chondrosarkome sind dagegen deutlich seltener, stellen aber dennoch den zweithäufigsten bösartigen primären Knochentumor dar. Eine korrekte Klassifizierung dieser Tumoren ist jedoch mittels klassischer radiologischer Verfahren sehr schwierig, da die gutartigen und bösartigen chondrogenen Tumoren eine teils sehr ähnliche Morphologie auf-

weisen. Insbesondere die klinisch hochrelevante Unterscheidung von gutartigen chondrogenen Tumoren und den wenig aggressiven Chondrosarkomen sowie die Unterscheidung von wenig aggressiven und stark aggressiven Chondrosarkomen ist dabei schwierig. Da sich die Therapien zwischen diesen Untergruppen der chondrogenen Tumoren jedoch stark unterscheiden, ist eine adäquate Gradierung Voraussetzung für eine erfolgreiche Patientenbehandlung.

Unsere bisherigen Forschungsergebnisse konnten den Mehrwert der Texturanalyse zur Graduierung von chondrogenen Tumoren belegen. Dabei konnten Vorteile der Texturanalyse gegenüber klassischer radiologischer Evaluationen, insbesondere zur Unterscheidung von gutartigen chondrogenen Tumoren zu wenig aggressiven Chondrosarkomen, gezeigt werden. Aufgrund eines komplementären Effektes der klassischen Bildgebung und Texturanalyse lässt sich jedoch die Diagnostik optimieren, wenn man Informationen beider Techniken kombiniert.

Dr. med. Benjamin Fritz ist klinischer Fellow der Radiologie der Universitätsklinik Balgrist mit Spezialisierung in der Bildgebung des Bewegungsapparates. Seine wissenschaftlichen Arbeiten fokussieren sich auf die Entwicklung und Analyse von Quantifizierungstechniken in der muskuloskelettalen Radiologie.



Prof. Dr. med. Christian W.A. Pfirrmann ist Chefarzt der Radiologie der Universitätsklinik Balgrist und spezialisiert auf die Diagnostik des Bewegungsapparates.



Regionalanästhesie: Neue Technologie ermöglicht Optimierung der Verfahren

Die Einführung des Ultraschalls erhöht die Erfolgsrate sowie die Patientensicherheit und ermöglicht eine Optimierung der Regionalanästhesieverfahren.

Bei Regionalanästhesien werden Nerven einer bestimmten Körperregion temporär mit einem Lokalanästhetikum blockiert. Vor allem in der orthopädischen Chirurgie ist diese Technik ein unverzichtbarer Teil der Anästhesie und Schmerztherapie geworden. Nervenblockaden bieten die beste postoperative Schmerztherapie bei geringen systemischen Nebenwirkungen. Medikamente können kontinuierlich über Katheter verabreicht und somit den verschiedenen Bedürfnissen der Patienten angepasst werden. Zahlreiche Eingriffe lassen sich in reiner Regionalanästhesie durchführen, was vor allem für Patienten mit schweren Vorerkrankungen vorteilhaft sein kann. Zusätzlich wurde gezeigt, dass die Regionalanästhesie im Vergleich zur Allgemeinanästhesie die Anästhesie- wie auch die Hospitalisationszeit verkürzt, ohne die Komplikationsrate zu erhöhen. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Gesundheitskosten aus. Da Lokalanästhetika in hohen Dosen schädlich sein können, sollte deren Menge reduziert werden. Es müssen also Techniken entwickelt werden, die durch maximale Sicherheit bei minimaler Komplikationsrate überzeugen und möglichst wenig Lokalanästhetika benötigen.

Der Ultraschall: neue Horizonte

Die Einführung des Ultraschalls hat aufgrund der kontinuierlichen Darstellung der Strukturen während der Durchführung von Nervenblockaden die Sicherheit der Regionalanästhesie erhöht. Nerven können schneller und länger blockiert werden und die benötigte Menge von Lokalanästhetika ist geringer. Dennoch bleiben viele Fragen offen. Wie genau müssen Katheter eingelegt werden, dass sie möglichst nah am Nerven verbleiben und nicht dislozieren? Welche Technik verursacht minimale Nebenwirkungen bei optimaler Schmerztherapie? Wie gross ist die minimal nötige Menge Lokalanästhetikum für welchen Nerv? Sind ultraschallgesteuerte Kathetereinlagen auf oder unter den Nerven die bessere Variante im Hinblick auf eine unerwünschte sekundäre Dislokation?

Mit Hilfe des Ultraschalls werden diese Fragen angegangen. Die Erfahrungen aus anatomischen Studien werden in klinischen Studien umgesetzt und getestet. In Probandenstudien können wir mittels Ultraschall sowohl Nervengrösse wie auch benötigte Volumina von Lokalanästhetika pro Querschnittsfläche für eine effiziente Blockade bestimmen. Durch millimetergenaue Applikation der Medikamente in die Nähe der Nerven unter Ultraschallsicht lassen sich verschiedene Substanzen und deren Wirkung genau untersuchen.

Die durch Ultraschall sichtbar gewordene Regionalanästhesie ermöglicht es, unsere Techniken weiter zu verfeinern und den einzelnen Eingriffen sowie Patientenbedürfnissen anzupassen.

Dr. med José Aguirre, MSc, ist Bereichsleiter Lehre und Forschung der Anästhesiologie und Bereichsleiter Wissenschaftliche Koordination UCAR. Er ist Facharzt für Anästhesiologie und Notarzt SGNOR. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Auswirkungen der Regionalanästhesie sowohl auf das Patientenoutcome wie auch auf die Gesundheitskosten. Er ist Vorsitzender der Europäischen Prüfung für Regionalanästhesie und akute Schmerztherapie (EDRA) und Vorstandsmitglied der ESRA (Europäische Gesellschaft für Regionalanästhesie) und der SARA (Schweizerische Gesellschaft für Regionalanästhesie).



PD Dr. med. Urs Eichenberger ist Chefarzt der Abteilung Anästhesie. Zuvor war er mehrere Jahre als Kaderarzt am Inselspital in Bern und danach als ärztlicher Leiter Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie an der Klinik St. Anna in Luzern tätig. Er ist Facharzt für Anästhesiologie und Träger des Fähigkeitsausweises Interventionelle Schmerztherapie. Sein Forschungsschwerpunkt ist die ultraschallkontrollierte Regionalanästhesie und Schmerztherapie. Er ist Vorstandsmitglied der SGAR, Vorstandsmitglied Sektion ICAN der SGUM und Vizepräsident der Vorsorgestiftung VSAO.



Experimentelle Rheumatologie: Entwicklung neuer 3D-Zellkultursysteme für Studien zur Pathogenese der Systemischen Sklerose

Durch spezielle Zellkulturtechniken sollen primäre, vom Patienten stammende Zellen aus der Haut in ihrer natürlichen, dreidimensionalen Struktur erhalten werden, um molekularbiologische und epigenetische Regulationsmechanismen zu untersuchen.

3D-Hautmodell zur Untersuchung der Systemischen Sklerose

Die Systemische Sklerose (SSc) ist eine seltene systemische Autoimmunerkrankung aus der Gruppe der Kollagenosen mit hoher Morbidität und Mortalität. Die Ursachen dieser Erkrankung sind unbekannt. Charakteristika der Erkrankung sind ausgedehnte Vaskulopathie (Durchblutungsstörung), Entzündung, Autoimmunität und Fibrose (Bindegewebsvermehrung). Bei der SSc kommt es zur Aktivierung von Bindegewebszellen, den Fibroblasten. Diese sezernieren daraufhin verstärkt extrazelluläre Matrixproteine wie Kollagen. Daraus resultiert eine krankhafte Verhärtung des Gewebes, was durch die nicht mehr vorhandene Elastizität zu einer Funktionseinschränkung des betroffenen Organs führt. Betrifft es die Lunge, kommt es zu lebensgefährlichen Komplikationen.

Aufgrund intensiver Forschungsarbeit in den letzten Jahren konnten tiefere Einblicke in die Entstehung der Erkrankung und deren Signalwege gewonnen werden. Bis heute gibt es jedoch keine zugelassene spezifische Therapie, die das Fortschreiten der Erkrankung verhindern oder auch nur verlangsamen kann.

Für die Entwicklung neuer anti-fibrotischer Therapien ist es notwendig, die Bindegewebszellen in mikrostrukturierten Zellkulturen zu untersuchen. Diese berücksichtigen die Dreidimensionalität und Umgebung von Zellen im Gewebe. Das ist von besonderem Interesse, da die vorhandenen Tiermodelle nicht alle Aspekte der Erkrankung beim Menschen widerspiegeln und epigenetische Regulationsmechanismen häufig speziesspezifisch sind.

Ziel ist, die Haut von Patienten mit Systemischer Sklerose in einem 3D-Zellkultursystem nachzustellen. Diese «künstliche» Haut wird dann in-vitro als auch in-vivo im Tiermodell zu Untersuchungen eingesetzt. Dies ermöglicht es, pathogenetisch-relevante Signalwege bei dieser Erkrankung zu untersuchen und neue therapeutische Strategien zu entwickeln. Weiterhin können die 3D-Zellkultursysteme dazu verwendet werden, neu entwickelte Medikamente auf ihre anti-fibrotische Wirkung auf humane Zellen zu untersuchen.

Dieses Projekt wird unterstützt vom Hochschulmedizin-Projekt SKINTEGRITY.

PD Dr. rer. nat. Astrid Jüngel erforscht epigenetische Regulationsmechanismen bei Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis. Sie ist seit über 10 Jahren in der Forschungseinheit der Experimentellen Rheumatologie am Universitätsspital Zürich tätig. Im Jahr 2016 baute sie die neue Forschungsabteilung «Rheumatologie» mit einer eigenen Biobank am Balgrist Campus auf.



Prof. Dr. med. Oliver Distler ist seit Mai 2016 ordentlicher Professor für Rheumatologie an der Universität Zürich und Klinikdirektor der Klinik für Rheumatologie des Universitätsspitals Zürich sowie Ordinarius der Universitären Klinik für Rheumatologie Zürich. Er stammt aus Nürnberg DE und absolvierte sein Medizinstudium an der Universität Erlangen DE sowie an der Duke University, North Carolina, USA. Nach ersten Erfahrungen als Assistenzarzt in Deutschland, wechselte er 1998 an das Universitätsspital Zürich.



Experimentelle Rheumatologie: Neue Therapieansätze für chronische Rückenschmerzen

Modic Changes sind schmerzhafte Knochenmarködeme in Wirbelkörpern. Sie sind Ziel neuartiger Therapieansätze und bieten Hoffnung auf Linderung für Patienten mit chronischen Rückenschmerzen.

Eine Umfrage in der Schweizer Bevölkerung hat gezeigt, dass 39% der Männer und 47% der Frauen im vorangehenden Monat Rückenschmerzen hatten. Die medizinische Behandlung und die Arbeitsausfälle aufgrund chronischer Rückenschmerzen kosten das schweizerische Gesundheitssystem jährlich über 3 Milliarden Franken, was 6,1% der gesamten Gesundheitskosten ausmacht. Etwa die Hälfte aller Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zeigen entzündliche Veränderungen im Knochenmark der Wirbelkörper. Diese Veränderungen findet man selten in Personen ohne Rückenschmerzen. Daher geht man davon aus, dass die Knochenmarkveränderungen die Ursache des Schmerzes sind.

Modic Changes

Die Knochenmarkveränderungen sind auf MRI-Bildern ersichtlich und werden Modic Changes genannt, nach dem Radiologen, der sie zum ersten Mal beschrieben hat. Modic Changes sind Zeichen einer chronischen Entzündung und treten im Wirbelkörper angrenzend zu degenerierten Bandscheiben auf. Es wird angenommen, dass Modic Changes oftmals die Ursache für chronische Rückenschmerzen im Lendenwirbelbereich sind. Diese Schmerzen sind leider schlecht therapierbar, da man noch sehr wenig über die Ursache und Entstehung der Modic Changes weiss. Unsere bisherige Forschung hat gezeigt, dass im Knochenmark von Modic Changes fibrotisches Gewebe vorhanden ist, dass die Hämatopoese gestört ist und dass wichtige Faktoren für die Schmerzwahrnehmung vermehrt vorkommen. Zusammen sind dies typische Zeichen einer chronischen Entzündung, die unter anderem durch Knorpelabbauprodukte hervorgerufen werden können. Da die angrenzende, degenerierte Bandscheibe viele solcher Knorpelabbauprodukte produziert, wird vermutet, dass Modic Changes eine Reaktion des Knochenmarkes auf diese Knorpelabbauprodukte sind. In einer laufenden Studie wird Knochenmark von

Modic Changes auf das Vorkommen von Knorpelabbauprodukten untersucht und der genaue Mechanismus wird studiert, wie diese die Hämatopoese stören und fibrotische Veränderungen auslösen. Ausserdem werden verschiedene Substanzen auf ihre Wirksamkeit getestet, diese unerwünschten Prozesse gezielt zu unterbinden.

Dieses Projekt wird unterstützt von der Baugarten-Stiftung und einem SNF Return Grant.

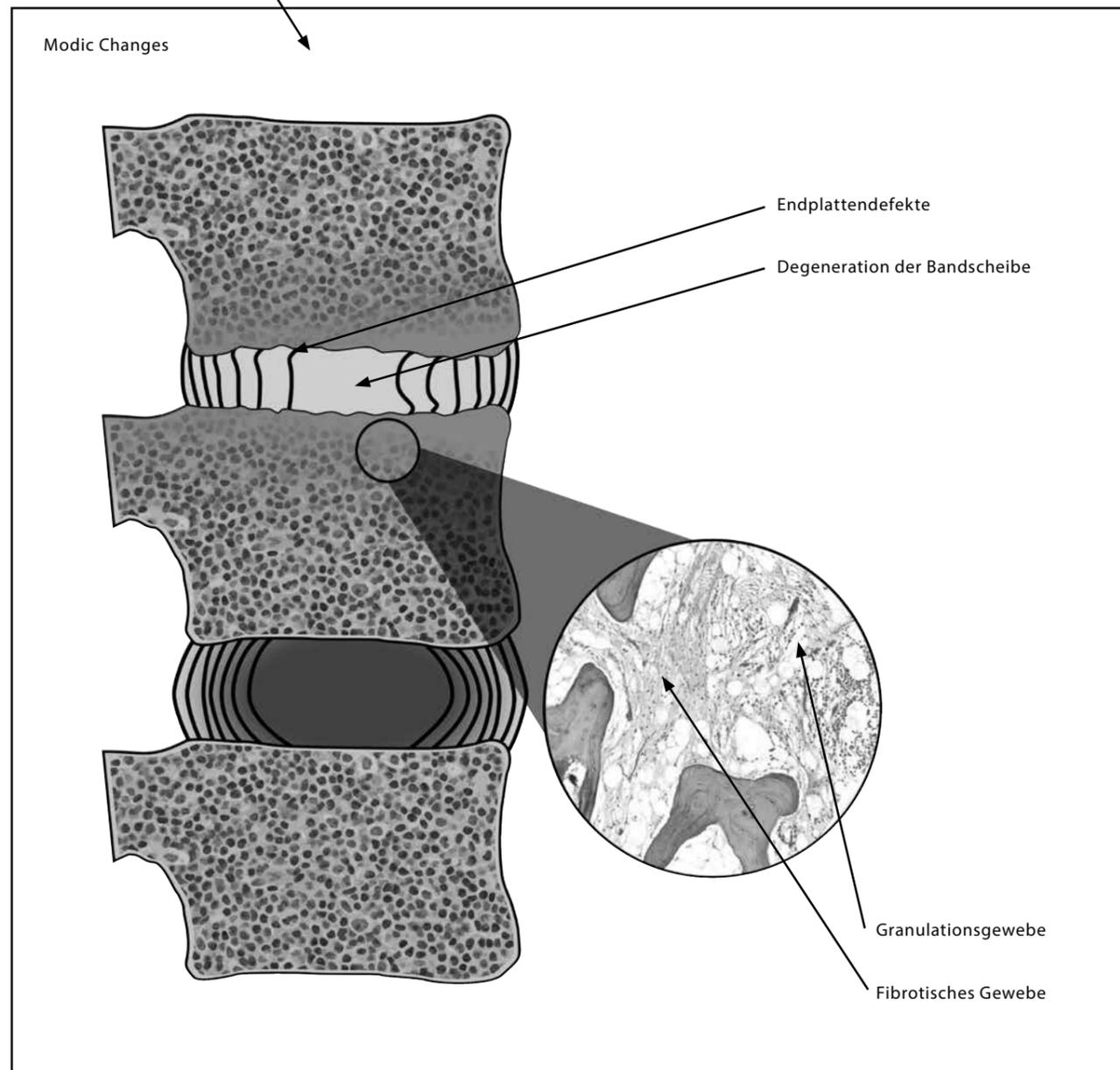
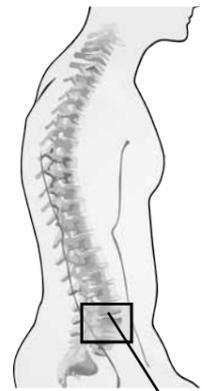
Dr. sc. nat. Stefan Dudli dissertierte an der ETH zum Thema posttraumatische Bandscheibendegeneration und erforschte während dreier Jahre an der University of California in San Francisco die Wechselwirkungen zwischen Bandscheibe und angrenzendem Knochenmark. Diese Arbeit wurde mit dem Forschungspreis 2017 der International Society for the Study of The Lumbar Spine (ISSLS) ausgezeichnet. Seit Mai 2017 ist er am Zentrum für Experimentelle Rheumatologie des Universitätsspitals Zürich.



Prof. Dr. med. Oliver Distler ist seit Mai 2016 ordentlicher Professor für Rheumatologie an der Universität Zürich und Klinikdirektor der Klinik für Rheumatologie des Universitätsspitals Zürich sowie Ordinarius der Universitären Klinik für Rheumatologie Zürich. Er stammt aus Nürnberg DE und absolvierte sein Medizinstudium an der Universität Erlangen DE sowie an der Duke University, North Carolina, USA. Nach ersten Erfahrungen als Assistenzarzt in Deutschland wechselte er 1998 an das Universitätsspital Zürich.



Prof. Dr. med. Mazda Farshad, MPH, wurde am 1.8.2017 zum Ordinarius für Orthopädie der Universität Zürich berufen und hat gleichzeitig die ärztliche Direktion der Universitätsklinik Balgrist übernommen. Er ist Chefarzt für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie und leitet die Abteilung für klinische und angewandte Forschung.





Experimentelle Rheumatologie: Untersuchung neuer, epigenetischer Signalwege und Regulationsmechanismen bei Schmerzpatienten

Beim Komplexen Regionalen Schmerzsyndrom (CRPS) handelt es sich für Patienten wie auch für den Arzt nach wie vor um eine schwer verständliche und schlecht fassbare Erkrankung.

CRPS

Der Begriff «Komplexes Regionales Schmerzsyndrom» (CRPS: «Complex Regional Pain Syndrome») beschreibt eine Erkrankung, die verschiedene schmerzhafte Zustände umfasst. Diese treten hauptsächlich nach Verletzungen distal an einer Extremität auf. Charakteristisch sind unverhältnismässig starke und andauernde Schmerzen bezüglich des initialen Traumas (Prellung, Verstauchung, Knochenbruch). Die Schwere des Traumas korreliert dabei nicht mit dem Ausmass und der Intensität der Beschwerden. Daneben bestehen in unterschiedlichem Ausmass weitere klinische Zeichen wie gesteigerte Schmerzempfindlichkeit, Zunahme der Schmerzempfindung, Ödem, veränderte abnorme Schweißbildung und gestörter Stoffwechsel des Gewebes. Zudem leiden die Patienten unter Einschränkungen der Beweglichkeit sowie damit verbundenen Funktionseinbussen der betroffenen Gliedmassen.

Die Ursachen der Erkrankung sind bisher unbekannt. Aktuell werden vor allem eine überschießende Entzündungsreaktion, eine Fehlregulation der Gefässwände und Veränderungen im Gehirn als mögliche zugrundeliegende Ursachen postuliert. Wir untersuchen die molekularbiologischen Grundlagen der neuroimmunologischen Signalwege in der Haut von Patienten mit CRPS. Dabei liegt der Fokus auf der Kommunikation von Stromazellen mit Nervenzellen über den Austausch von Neurotransmittern wie Substanz P.

Ziel ist es, epigenetische Regulationsmechanismen dieser Kommunikation zu verstehen, um gezielt in diese Signalwege einzugreifen und um neue therapeutische Strategien zu entwickeln. Dazu werden wir bei den Studienprobanden Hautproben bzw. Blut entnehmen und diese dann nach neuesten Methoden analysieren.

Dieses Projekt wird unterstützt von der Balgrist-Stiftung.

PD Dr. med. et Dr. phil. Florian Brunner ist seit 2012 Chefarzt der Abteilung für Physikalische Therapie und Rheumatologie. Seine klinischen und wissenschaftlichen Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet des Komplexen Regionalen Schmerzsyndromes (CRPS).



PD Dr. rer. nat. Astrid Jüngel erforscht epigenetische Regulationsmechanismen bei Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis. Sie ist seit über 10 Jahren in der Forschungseinheit der Experimentellen Rheumatologie am Universitätsspital Zürich tätig. Im Jahr 2016 baute sie die neue Forschungsabteilung «Rheumatologie» mit einer eigenen Biobank am Balgrist Campus auf.



Verminderte Durchblutung der Rückenmuskulatur als mögliche Ursache von chronischen Rückenschmerzen

Das Team der Gruppe «Interdisciplinary Spinal Research» untersucht die Ätiologie und Pathogenese von chronischen Rückenschmerzen mittels eines multidisziplinären Ansatzes.

Rückenschmerzen sind in Industrieländern das Gesundheitsproblem Nummer eins bezüglich der Anzahl Lebensjahre mit Behinderung/Krankheit. In vielen Fällen kann mit bildgebenden Verfahren keine Ursache gefunden werden, weshalb diese Sub-Gruppe von Rückenschmerzen oft als «nicht-spezifisch» bezeichnet wird.

Minderdurchblutung der Muskulatur?

Eine mögliche Pathogenese solcher nicht-spezifischer Rückenschmerzen könnte die Minderdurchblutung des Muskelgewebes sein, die via Ansammlung von Protonen und Adenosin-Triphosphaten (ATP) im Muskelgewebe Schmerzen verursacht.¹ Tatsächlich zeigten Untersuchungen bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen Läsionen und Stenosen der Gefässe, welche die lumbalen Rückensegmente versorgen.²

Genetische Prädisposition für Rückenschmerzen?

Zwillingsstudien haben aufgezeigt, dass degenerative Veränderungen der Bandscheiben wesentlich durch Vererbung beeinflusst werden.³ Bezüglich der Sub-Gruppe der nicht-spezifischen chronischen Rückenschmerzen ist die Vererbung ebenfalls ein möglicher Faktor. Gene, die für das Adenosin-Converting-Enzyme (ACE) sowie für das Matrixprotein Tenascin-C kodieren, können in verschiedenen Varianten (sogenannten Polymorphismen) vorhanden sein. Diese Polymorphismen beeinflussen die Durchblutung und stehen auch in Verbindung mit der Pathogenese anderer chronischer Erkrankungen.^{4,5}

Aktuelle Forschung

In einer laufenden Studie in Kollaboration mit dem Labor für Muskelplastizität (Universität Zürich) werden in der Forschung der Chiropraktischen Medizin gegenwärtig beide oben genannten Aspekte untersucht. Einerseits wird getestet, ob die Rückenmuskulatur von Patienten mit nicht-spezifischen Rückenschmerzen während eines Ausdauertests tatsächlich weniger durchblutet wird und/oder weniger Sauerstoff extrahieren kann als bei gesunden Probanden und ob somit ein direkter Zusammenhang mit erniedrigter

Ausdauerfähigkeit besteht. Diese Messungen werden mittels nicht-invasiver Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem Forschungslaboratorium für Biomedizinische Optik (Universität Zürich) analysiert. Andererseits werden im Rahmen derselben Studie anhand von Proben der Mundschleimhaut die Polymorphismen des ACE- sowie des Tenascin-C-Gens ausgewertet, um deren Verteilung in der Patientenpopulation mit derjenigen in einer gesunden Kontrollpopulation zu vergleichen und mögliche Zusammenhänge mit der Durchblutung des Muskelgewebes zu untersuchen.

Dr. Andrea Vrana studierte Bewegungswissenschaften an der ETH Zürich. Sie hat nach kurzer Zeit in der Leistungsdiagnostik ihr Doktorat in Gesundheitswissenschaften und Technologie in der Forschung der Chiropraktischen Medizin absolviert. Gegenwärtig arbeitet sie dort als Postdoc weiter und beschäftigt sich hauptsächlich mit Forschungsfragen im Bereich der Muskelphysiologie im Zusammenhang mit chronischen Rückenschmerzen.

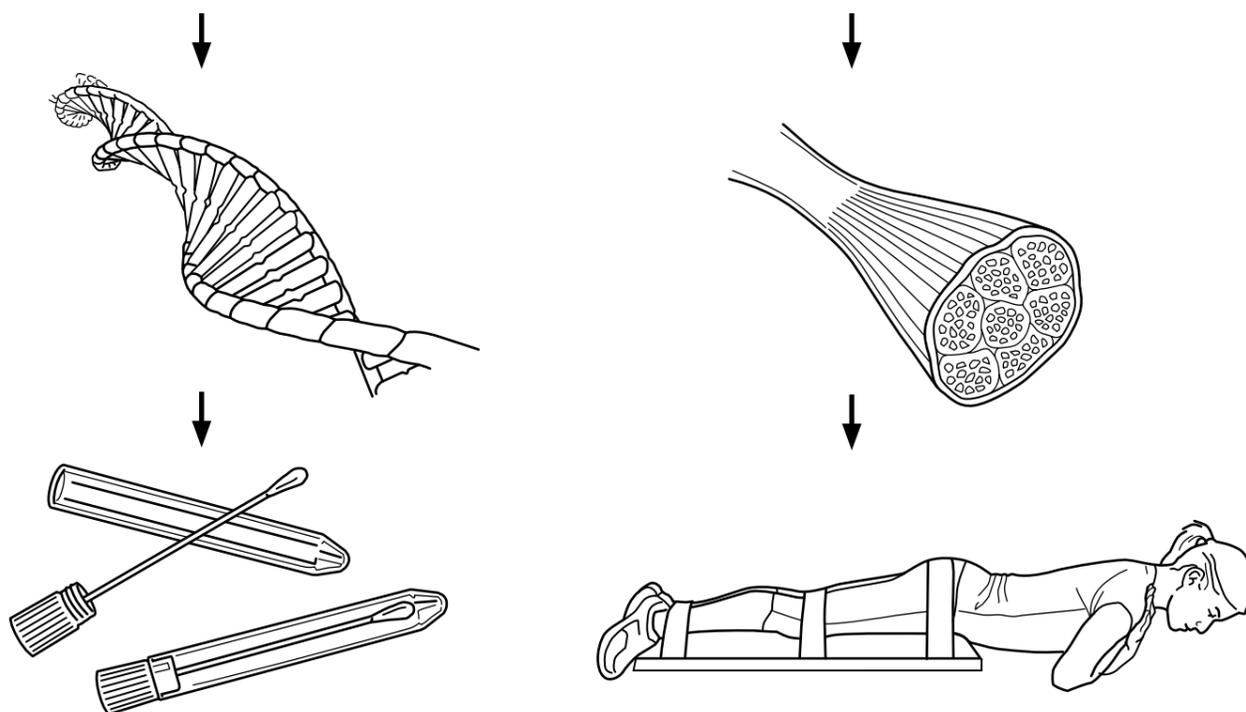
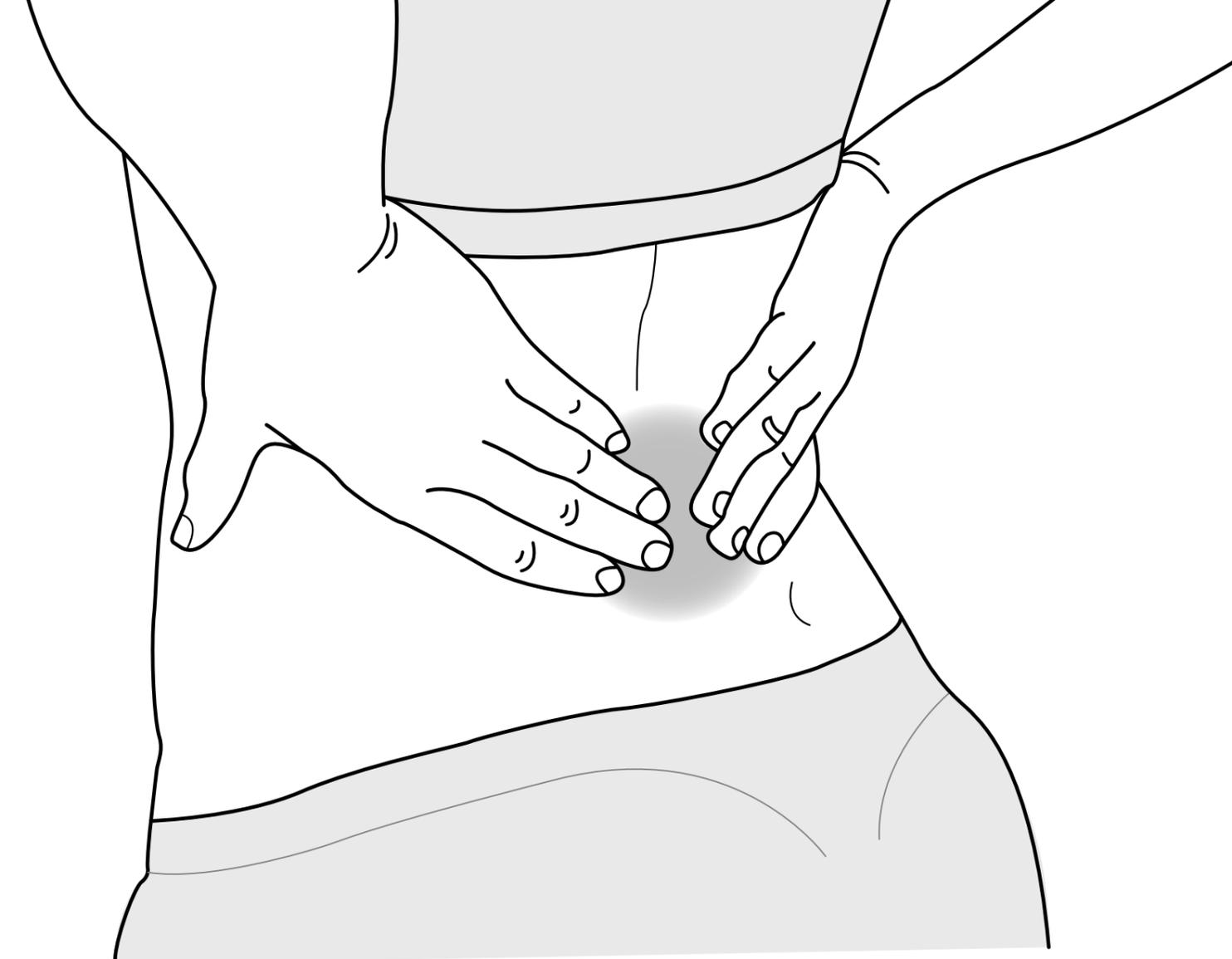


Dr. Brigitte Wirth ist Physiotherapeutin und studierte anschliessend Bewegungswissenschaften an der ETH Zürich. Ihr Doktorat in Neurowissenschaften absolvierte sie am Zentrum für Paraplegie der Universitätsklinik Balgrist. Gegenwärtig arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsabteilung der Chiropraktischen Medizin der Universitätsklinik Balgrist, wo sie sich hauptsächlich mit klinischen Forschungsfragen im Bereich Rücken- und Nackenschmerzen beschäftigt.



Literatur

- 1 Mense, S. Muscle pain: mechanisms and clinical significance. Dtsch Arztebl Int 105, 214-219, doi:10.3238/artzebl.2008.0214 (2008).
- 2 Kauppila, L. I. Atherosclerosis and disc degeneration/low-back pain – a systematic review. Eur J Vasc Endovasc Surg 37, 661-670, doi:10.1016/j.ejvs.2009.02.006 (2009).
- 3 Battie, M. C., Videman, T., Levalahti, E., Gill, K. & Kaprio, J. Heritability of low back pain and the role of disc degeneration. Pain 131, 272-280, doi:10.1016/j.pain.2007.01.010 (2007).
- 4 van Ginkel, S. et al. ACE inhibition modifies exercise-induced proangiogenic and mitochondrial gene transcript expression. Scand J Med Sci Sports 26, 1180-1187, doi:10.1111/sms.12572 (2016).
- 5 Shehab, D. K. et al. Association of angiotensin-converting enzyme (ACE) gene insertion-deletion polymorphism with spondylarthropathies. J Biomed Sci 15, 61-67, doi:10.1007/s11373-007-9203-1 (2008).



Abstrich Mundmucosa zur Bestimmung des Genotyps von ACE und Tenascin-T.

Ausdauerterst für Rückenmuskulatur mit Messung der Muskeldurchblutung mittels NIRS.

Ein Experiment in der Schwerelosigkeit: Veränderung der Steifigkeit des Rückens bei wechselnder Erdanziehung

Im Jahr 2016 führte die Universität Zürich ihren zweiten Parabelflug ab Schweizer Boden durch. Das Team der Gruppe «Interdisciplinary Spinal Research» war mit an Bord.

Im chiropraktischen Alltag spielt die Beurteilung der Steifigkeit der Wirbelsäule eine wichtige Rolle. Beim letztjährigen Parabelflug wurde die Steifigkeit der Wirbelsäule unter wechselnder Erdanziehung gemessen. Während eines Parabelflugs wechseln die Phasen von normaler und doppelter Schwerkraft sowie Schwerelosigkeit ab. Dadurch kommt es zu einem wiederholten Wegfall und Wiedereinsetzen der Erdanziehungskraft auf die Wirbelsäule, was eine schnelle Anpassung von Stabilisationsmechanismen der Wirbelsäule erfordert. Ziel des Experimentes war, die unmittelbaren Auswirkungen von Schwerelosigkeit und erhöhter Schwerkraft auf die Steifigkeit des Rückens zu untersuchen.

Parabelflug

Bei einem Parabelflug fliegen die Piloten wiederholt Flugbahnen, die einer Wurf-Parabel entsprechen. Das Flugzeug, ein Airbus A310 ZERO-G, befindet sich während dieser Parabel rund 20 Sekunden mit seinen Forschern und Experimenten im freien Fall, es besteht also annähernde Schwerelosigkeit. Beim Start der Parabel und dem Abfangen des Flugzeugs im Steilflug nach unten herrscht für 20 Sekunden eine erhöhte Beschleunigung von rund 1,8 g.

Messgerät

In Zusammenarbeit mit dem Team Reha-Technik von der Balgrist Tec AG konnte ein Messaufbau entwickelt werden, der die hohen Anforderungen der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) erfüllt. Der Messaufbau funktionierte einwandfrei in Schwerelosigkeit sowie bei doppelter Schwerkraft.

Erkenntnisse

Es konnte gezeigt werden, dass die Steifigkeit der Wirbelsäule bei Schwerelosigkeit zunahm und sich bei doppelter Schwerkraft verringerte. Es ist davon auszugehen, dass diese Erkenntnisse ein neues Ver-

ständnis der Stabilisationsmechanismen der Wirbelsäule bei wechselnden Lasten hervorbringen können.

Aktuelle Forschung

Zurzeit werden verschiedene Folgeprojekte vorbereitet, in Bodennähe aber auch wieder in der Luft mit dem Airbus «A310 ZERO-G». Am Balgrist Campus wird in einer grossen Kohorte der Einfluss wie «Kinesiophobie» oder «Körperlage auf die Steifigkeit der Wirbelsäule» untersucht. Bei einem weiteren Projekt wird die Steifigkeit der Wirbelsäule bei Personen gemessen, die eine grosse Last tragen.

Aufgrund der Erkenntnisse der letzten Parabelflugstudie wird beim nächsten Flug neben der Steifigkeit der Wirbelsäule auch die Aktivität der Muskel der Lendenwirbelsäule gemessen. Mit diesen kombinierten Daten soll ein noch genaueres Bild der Stabilitätsmechanismen der Wirbelsäule zustande kommen.

Dr. Jaap Swanenburg ist Physiotherapeut und absolvierte seinen Master an der Universität Leuven in Belgien. Er promovierte an der medizinischen Fakultät der Universität Groningen, Niederlande, und hält einen zusätzlichen Master of Health Administration der Universität Bielefeld, Deutschland. Er ist Lehrbeauftragter der medizinischen Fakultät der Universität Zürich. Gegenwärtig arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsabteilung der Chiropraktischen Medizin der Universitätsklinik Balgrist, wo er sich hauptsächlich mit Forschungsfragen im Bereich Stabilisationsmechanismen der Wirbelsäule beschäftigt.



Die Crew des zweiten Schweizer Parabelflugs.



Untersuchung der unmittelbaren Auswirkungen von Schwerelosigkeit und erhöhter Schwerkraft auf die Steifigkeit des Rückens beim Parabelflug.

Der Zusammenhang zwischen Gehirnveränderungen und Rückenschmerzen

Das Team der Gruppe «Interdisciplinary Spinal Research» entwickelt eine Methode, um die sensorische Repräsentation einzelner Rückensegmente im Gehirn zu untersuchen.

Rückenschmerzen stellen weltweit ein grosses gesundheitsökonomisches Problem dar. Bei akuten Rückenschmerzen verbessert sich die Symptomatik meist spontan, wobei sich jedoch bei 10 bis 15 Prozent der Fälle das Problem chronifiziert. Häufig ist der Schmerz in der Lumbalgegend und im Gesäss lokalisiert, wobei in den meisten Fällen (bis zu 85%) keine präzise und pathoanatomisch basierte Diagnose gestellt werden kann. Die Vermutung liegt daher nahe, dass nebst unbekanntem peripheren Faktoren das Gehirn an der Pathogenese und Aufrechterhaltung des chronischen Rückenschmerzes beteiligt ist.

Veränderungen im Gehirn bei chronischen Rückenschmerzen

Mittlerweile weist eine Vielzahl von Studien darauf hin, dass veränderte neuromuskuläre Steuerungsprozesse, welche die Stabilität und Lagewahrnehmung der Wirbelsäule und paraspinaler Strukturen beeinflussen, den Schmerz verursachen oder aufrechterhalten können. Jedoch fehlt eine genaue sensorischkortikale Kartierung der verschiedenen Rückensegmente, um z.B. einen klaren Zusammenhang zwischen Gehirnmechanismen, sensorischen und/oder motorischen Defiziten und verschlechterter Lagewahrnehmung bei Rückenschmerzpatienten aufzeigen zu können.

Pneumatic Spinal Indentation Device (pneuSPID)

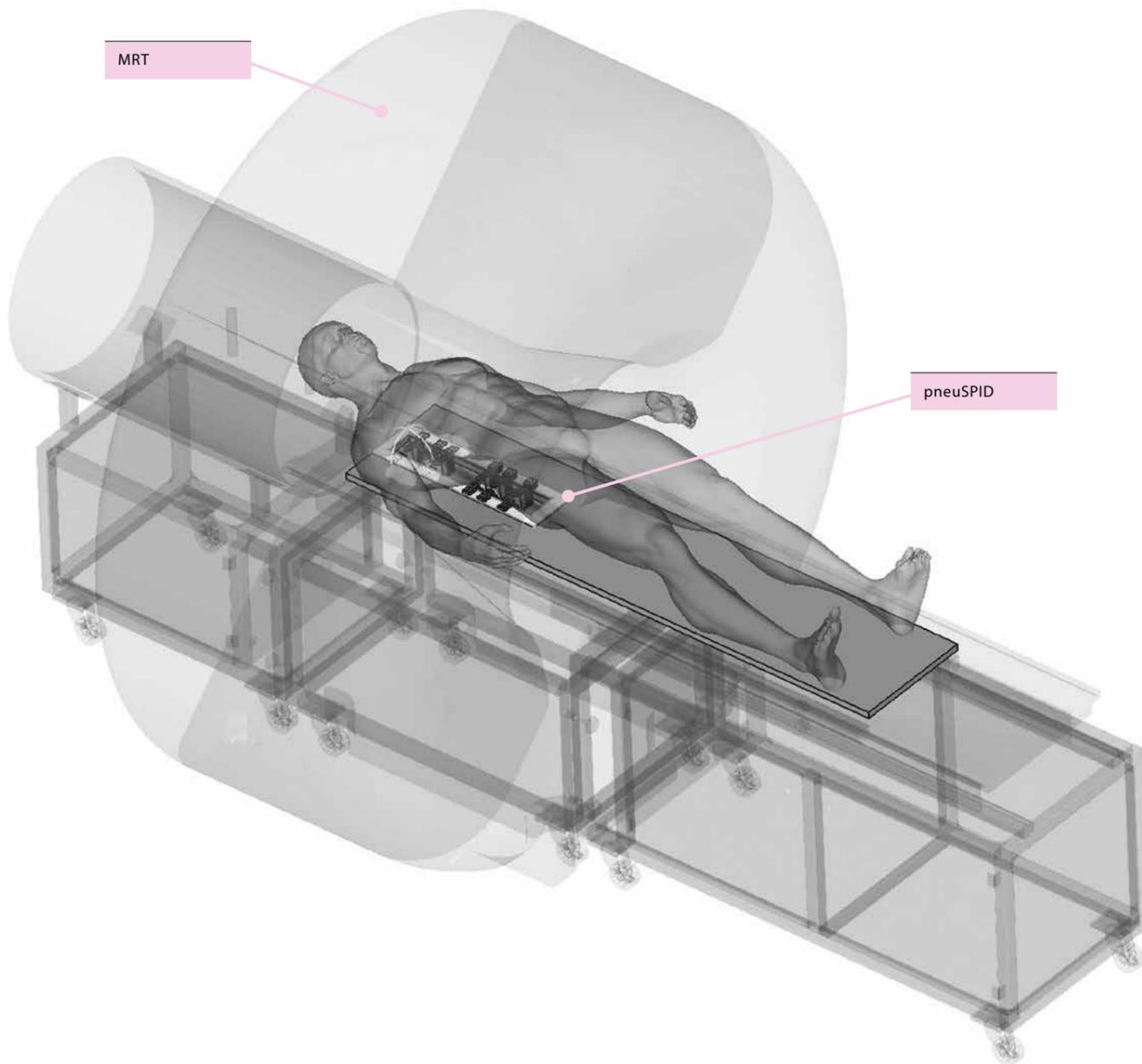
In Zusammenarbeit mit dem Magnetresonanztomographie-Zentrum der Psychiatrischen Universitätsklinik Zürich und der Hochschule Luzern entwickelt unser Team eine mit der Magnetresonanztomographie (MRT) kompatible Methode (pneumatic spinal indentation device, pneuSPID), die das kontrollierte Applizieren von mechanischem Druck an vordefinierten Stellen der thorakolumbalen Wirbelsäule erlaubt. Mittels funktioneller MRT kann die sensorische Verarbeitung und Lagewahrnehmung von verschiedenen Rückensegmenten im Gehirn abgebildet werden. Dazu wird zusätzlich eine spezifische MR-Sequenz für den Rücken verwendet, mit

dem Ziel, die durch die Stimulation induzierten Bewegungen der einzelnen Segmente und paraspinaler Strukturen zu quantifizieren. Ausserdem werden verschiedene Hautareale des Rückens betäubt. Diese methodischen Optimierungen sollen der Differenzierung von tiefliegenden (Wirbelkörper, Muskulatur) und oberflächlichen (Haut) Afferenzen bezüglich der Lagewahrnehmung und dessen Signale ans Gehirn dienen. Die Resultate sollen neue Erkenntnisse dazu liefern, unter welchen Umständen sich die kortikale Repräsentation der Wirbelsäule verändert. Es ist davon auszugehen, dass durch diesen Forschungszweig detaillierte Phänotypen innerhalb der grossen Kategorie «unspezifischer chronischer Rückenschmerz» identifiziert werden können, die in der Zukunft gezielt mit neuartigen Interventionsmethoden behandelt werden können.

Dr. Michael Meier erlangte nach einem Grundstudium in Wirtschaftsinformatik den Master in Neuropsychologie und den PhD in kognitiven Neurowissenschaften an der Universität Zürich. Er forscht im Team der Interdisciplinary Spinal Research Group der Abteilung für Chiropraktische Medizin an der Entstehung chronischer Rückenschmerzen mithilfe modernster Anwendungen der funktionellen Magnetresonanztomographie. Zuvor arbeitete er 4 Jahre als Postdoktorand für die Chiropraktische Medizin und für die Zahnmedizin der Universität Zürich mit Fokus auf die Erforschung supraspinaler Schmerzverarbeitung mit bildgebenden Verfahren.



Dr. Petra Schweinhardt ist seit September 2016 als Senior Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Interdisciplinary Spinal Research Group der Abteilung für Chiropraktische Medizin tätig und für die Forschung verantwortlich. Zuvor war sie als Associate Professor an der McGill Universität in Montreal, Kanada, tätig und stand einer Forschungsgruppe vor, die die zerebrale Schmerzverarbeitung sowie Gehirnveränderungen bei chronischen Schmerzpatienten untersucht hat. Dr. Schweinhardt hat an der Universität Heidelberg Humanmedizin studiert und einen PhD in Neurowissenschaften an der Universität Oxford erworben.



Physiotherapie: Behandlungsqualität und Prozessoptimierung

Von der Untersuchung über die Behandlung zur Wiederherstellung der Funktion bis zur sportlichen Aktivität – die Forschungsprojekte der Physiotherapie decken ein umfassendes Spektrum ab.

Schulterflexion

Es braucht 120° Schulterflexion für eine Bewegung über den Kopf, was für einige Alltagsaktivitäten und Berufe wichtig ist. Nach einer Schulteroperation kann diese Beweglichkeit eingeschränkt sein. Es wurde untersucht, wie viel glenohumerale Beweglichkeit nötig ist, um eine Schulterflexion über 120° durchzuführen. Die Resultate zeigen, dass es fast freie glenohumerale Abduktion (80-85°) braucht und ca. 50% der Aussenrotation der Gegenseite, bevor eine Schulterflexion über 120° möglich ist. Diese Erkenntnis hilft, die Therapie zu planen und die Behandlungstechniken auszuwählen.

Gangbildanalyse

Das Evaluieren eines Gangbildes durch rein visuelles Beobachten ist eine hochkomplexe Aufgabe und wichtiger Bestandteil der täglichen Arbeit in der Physiotherapie. Die Untersuchung visueller Beobachtungsmuster von erfahrenen Physiotherapeuten und Novizen bei einer nicht instrumentellen Ganganalyse hat gezeigt, dass eine längere Berufserfahrung die Ganganalyse in Quantität und Qualität beeinflusst. Novizen werden daher explizit geschult.

Oberes Sprunggelenk

In der Neurologie weisen viele Patienten Einschränkungen der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes (OSG) auf, dies führt zu Veränderungen des Gangbildes. Es wurde untersucht, inwiefern sich bei gesunden Personen unterschiedliche Einschränkungen am OSG auf kinematische Gangparameter auswirken. Es wurde ersichtlich, dass selbst kleine Veränderungen der Beweglichkeit des OSG erkennbare Anpassungen der Kinematik zur Folge haben. In der Physiotherapie werden deshalb auch kleine Veränderungen analysiert und behandelt, sodass die Qualität des Gangbildes verbessert und das Risiko von Sekundärproblemen reduziert werden können.

Indoor-Rollstuhl-Curling

Die Hauptbewegungen eines Rollstuhlfahrers finden im Oberkörper statt. Die Rumpfkontrolle im Sitzen zu halten, ist eine Herausforderung für Menschen mit Querschnittslähmung. Es wurde geprüft, ob Indoor Rollstuhl Curling einen Einfluss auf die Rumpfkontrolle bei chronischer Rückenmarksläsion hat. Es konnten keine direkten Rückschlüsse von der Trainingsmethode auf die Rumpfkontrolle gezogen werden. Die positiven Feedbacks der Teilnehmer zeigten, dass das Rollstuhlcurling eine Alternative zu bereits eingesetzten Sportarten bieten kann. Diese Erkenntnisse führten zum Start einer wöchentlichen Curling-Gruppe.

Kniemobilisation

Betriebswirtschaftliche Faktoren zwingen uns zunehmend, unter Aufrechterhaltung der hohen Behandlungsqualität effizienter zu arbeiten. Die Analyse des Behandlungsprozesses «Kniemobilisation unter Katheteranlage» führte dazu, dass mit den involvierten Fachgruppen Sollwerte festgelegt und entsprechende Handlungsempfehlungen formuliert sowie implementiert wurden. Daraus resultierte eine verbesserte Ergebnisqualität und eine Zunahme der Patientenzufriedenheit. Diese Analyse unterstreicht die Wichtigkeit der standardisierten Assessments, die den Behandlungserfolg abbilden.

Christina Gruber ist Leiterin Physiotherapie und arbeitet seit 1997 in der Universitätsklinik Balgrist. Die Schwerpunkte ihrer therapeutischen Tätigkeit liegen im Bereich chronische Schmerzen am Bewegungsapparat. Im Berufsverband Physioswiss ist sie Mitglied der Forschungskommission. Ein wichtiges Anliegen ist für sie die Implementierung und Verknüpfung von wissenschaftlichen Erkenntnissen mit dem Behandlungsangebot für die Patienten.





Balgrist Campus AG: Forschungseinrichtung von nationaler Bedeutung

Bereits im zweiten Betriebsjahr wird der Campus um drei hochmoderne Forschungsinfrastrukturen ergänzt. Der unterirdische Anbau wird bis Ende 2018 fertiggestellt.

Im Dezember 2016 hat das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) den Balgrist Campus zur Forschungseinrichtung von nationaler Bedeutung erklärt und Beiträge in der Höhe von knapp 16 Mio. Franken für Erstellung und Betrieb von drei neuen Infrastrukturzentren gesprochen: ein muskuloskelettales Bildgebungszentrum SCMI¹, eine Biobank SCMB² und ein Ganglabor SCMA³.

Während der Gesuchsphase hat der Balgrist Campus intensive Vorbereitungsarbeiten für den Fall eines positiven Entscheids getroffen. Die Planung und Finanzierung der Umbauten am Gebäude wurden vorangetrieben und die Betriebsorganisation aufgestellt. In den ersten Monaten nach der Unterstützungszusage konnten bereits die fachlichen Leiter der drei Zentren vertraglich verpflichtet und die Umbauplanung abgeschlossen werden. Die Umsetzung hat im Juli 2017 begonnen.

Auf der Nordseite des Campus entstehen unterirdische Räume für das SCMI. Es umfasst unter anderem ein 7T MRT der neusten Generation und weitere Radiologiegeräte für die Forschung. Unter der Leitung von PD Dr. Daniel Nanz wird das Bildgebungszentrum voraussichtlich im Herbst 2018 seinen Betrieb aufnehmen.

Die im bestehenden Nasslabor zu integrierende Biobank für muskuloskeletale Gewebeproben wird von Dr. Sander Botter konzipiert und aufgebaut und soll ein nationales Referenzzentrum für die Gewinnung, Analyse und Lagerung von Gewebe- und Blutproben von Patienten mit muskuloskeletalen Krankheitsbildern werden. Verarbeitet werden Zellen, Muskelproben, Sehnen, Flüssigkeiten von Knochen, Knorpel und Wirbel. Das SCMB bietet Platz für die Probenverarbeitung, Histologie, Analyse mit High-End-Mikroskopie und für Experimente.

Die Daten der Biobank werden anonymisiert und stehen universitären Forschungsgruppen für Studien zur Verfügung. Das SCMB bietet technische und konzeptionelle Unterstützung und übernimmt die korrekte und sichere Verwaltung sämtlicher Daten. Die Forschungsplattform UCAR dient als Bindeglied zur Universitätsklinik Balgrist, woher ein Grossteil der Proben stammen wird.

Das SCMA dient der funktionalen Analyse des Bewegungsapparats. Für diesen Zweck stehen drei Stufen der Bewegungsanalyse und Unterstützung zur Verfügung. Die Infrastruktur entsteht in vorhandenen Räumen unter der Leitung von Dr. Marc Bolliger, Leiter Forschung des Zentrums für Paraplegie. Im Gegensatz zu bereits bestehenden Ganganalyseinfrastrukturen, welche das Gehen auf gerader Strecke untersuchen, bietet das SCMA realistischere, alltagsnähere Analysen und Therapiemöglichkeiten an. Es stehen dafür Roboter und intelligente Hilfsmittel zur Verfügung.

Thomas Huggler, lic. oec. HSG, CPA, ist der erste CEO der Balgrist Campus AG und hat seine Tätigkeit im Januar 2015 aufgenommen. Davor war er während knapp 10 Jahren bei Novartis in verschiedenen Finanz-, Vertriebs- und Geschäftsführungsfunktionen in Asien und Australien tätig. Bevor er zur Balgrist Campus AG wechselte, war er Vorsitzender der Geschäftsleitung der Novartis Tiergesundheit GmbH Deutschland/Österreich mit Sitz in München. Im Januar 2017 hat er zusätzlich die Geschäftsführung der neu gegründeten Balgrist Beteiligungs AG übernommen.



¹ SCMI: Swiss Centre for Musculoskeletal Imaging
² SCMB: Swiss Centre for Musculoskeletal Biobanking
³ SCMA: Swiss Centre for Clinical Movement Analysis



Balgrist Beteiligungs AG: Von der Innovation zum marktfähigen Produkt

Mit dem einzigartigen Angebot an Kapital, Know-how, Infrastruktur und einem breiten Netzwerk bietet die 2017 gegründete Balgrist Beteiligungs AG ideale Bedingungen für Startups aus dem medizinischen Bereich.

Nur wenige Ideen und Innovationen überwinden die vielen Hürden auf dem Weg zu medizinischen Produkten und Dienstleistungen, die einer grossen Zahl von Patienten angeboten werden können. Die Entwicklungszeiten, die sehr hohen regulatorischen Anforderungen und die dadurch entstehenden hohen Entwicklungskosten eines Medizinprodukts sind Herausforderungen, die Entwickler und Erfinder ohne einen kompetenten Partner nicht bewältigen können.

Die Balgrist Beteiligungs AG (BBAG) ist eine Ergänzung zum breiten Angebot, das Mediziner und Forscher am Balgrist-Verbund rund um die Universitätsklinik Balgrist und den Balgrist Campus schätzen. Wird man von der BBAG finanziell unterstützt, kann man auch Dienstleistungen in verschiedenen Bereichen wie zum Beispiel bei der Finanzplanung, der Prototypenherstellung oder dem Qualitätsmanagement in Anspruch nehmen. Das Ziel ist, den Gründern des Startups die bestmögliche Ausgangslage für eine solide, nachhaltige Entwicklung zu bieten und gleichzeitig einen Know-how-Transfer sicherzustellen, damit die nötigen relevanten Kompetenzen im Startup aufgebaut werden können. Die Entwickler werden dabei, je nach individueller Ausgangslage, auf dem Weg von der Idee bis zum marktreifen Produkt begleitet.

Der Fokus der Balgrist Beteiligungs AG liegt, wie auch im Balgrist Campus, auf Projekten, die aus universitärem Umfeld entstehen und erfolgsversprechende Lösungen für Patienten mit Problemen am Bewegungsapparat entwickeln. Im Jahr 2017 wurden zum Beispiel die zwei Firmen ZuriMED Technologies AG und Balgrist CARD AG in das Beteiligungs-Portefeuille der Gesellschaft aufgenommen. Weitere fünf Projekte in unterschiedlichen Entwicklungsstadien sind im Moment in Evaluation.

Ziel der Gesellschaft ist es, sich als «Smart Money Investor» für die erfolgreiche Entwicklung der Startups zu engagieren. Dabei geht es nicht darum, wie oft bei klassischen Venture-Capital-Firmen, in einem frühen Stadium eine Mehrheitsbeteiligung anzustreben. Dieser Ansatz ermöglicht es den Gründern der Startups in den zentralen, ersten Entwicklungsphasen weitestgehend die Kontrolle über ihr Unternehmen zu behalten.

Trotz dieses Ansatzes verfolgt die BBAG aber auch kommerzielle Ziele und soll selbsttragend operieren können, um auch in Zukunft Startups aus universitärem Umfeld erfolgreich, vom Balgrist Campus heraus, in die Unternehmenswelt zu begleiten.

Im Verwaltungsrat der Gesellschaft sind alle wesentlichen Kompetenzen vereinigt. Die Mitglieder verfügen über ein sehr breites Netzwerk und stellen sicher, dass die Gründer und Entwickler bei allen Anforderungen und Herausforderungen auf ausgewiesene Ansprechpartner zählen können. Die Nähe zur Universitätsklinik Balgrist ermöglicht es, dass erfolgreiche Medizinalprodukte bei Bedarf rasch für Patienten eingesetzt werden können.

Thomas Huggler, lic. oec. HSG, CPA, ist der erste CEO der Balgrist Campus AG und hat seine Tätigkeit im Januar 2015 aufgenommen. Davor war er während knapp 10 Jahren bei Novartis in verschiedenen Finanz-, Vertriebs- und Geschäftsführungsfunktionen in Asien und Australien tätig. Bevor er zur Balgrist Campus AG wechselte, war er Vorsitzender der Geschäftsleitung der Novartis Tiergesundheit GmbH Deutschland/Österreich mit Sitz in München. Im Januar 2017 hat er zusätzlich die Geschäftsführung der neu gegründeten Balgrist Beteiligungs AG übernommen.



Erfassung der patientenspezifischen Eigenschaften

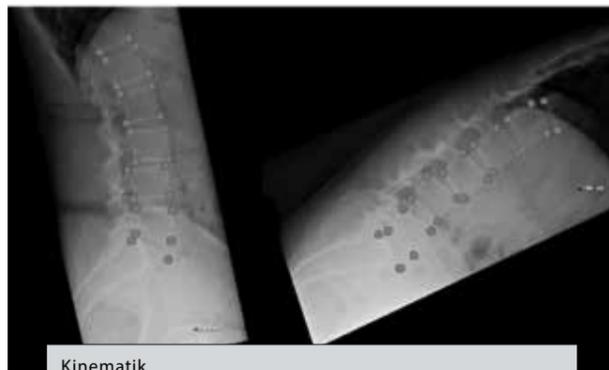
Patientenspezifisches Modell und Simulation



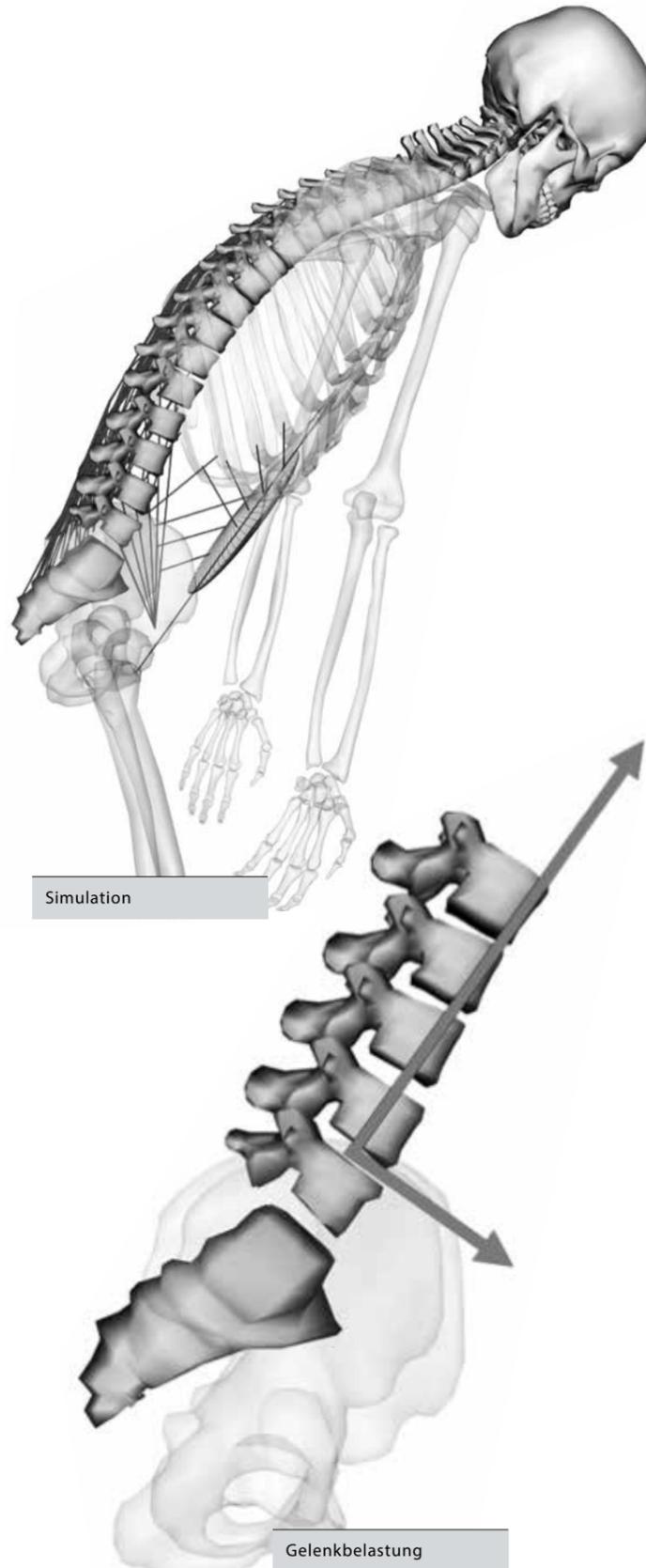
Anatomie



Pathologie



Kinematik



Simulation

Gelenkbelastung

Eine patientenspezifische Simulation der Funktion, Biomechanik und Kinematik erlaubt eine neue, bisher nicht berücksichtigte, chirurgische Planung.

Die heutige, rekonstruktive Chirurgie am Bewegungsapparat versucht, einen Mittelwert der Anatomien herzustellen, lässt jedoch die Individualität von Anatomie und Pathologie des Patienten mehrheitlich unberücksichtigt. Insbesondere funktionelle Konsequenzen eines Eingriffs werden stark vernachlässigt und weder in der Planung noch Ausführung genügend miteinbezogen. Daraus ergeben sich nicht zufriedenstellende post-interventionelle biomechanische Zustände oder gar durch den Eingriff verursachte Funktionseinschränkungen, die letztendlich zu Versagen oder Re-Operation führen können.

Die ständige Erweiterung des bestehenden Wissens und dessen Integration in den klinischen Ablauf ist darum für erfolgreiche orthopädische Eingriffe von zentraler Bedeutung. Mittels radiologischen, optischen und mechanischen Messmethoden kann beispielsweise eine Pathologie hinsichtlich ihrer biomechanischen Konsequenzen analysiert und charakterisiert werden. Die daraus gewonnene Erkenntnis, zusammen mit mechanobiologischen Grundsätzen, ermöglicht die Identifikation von potentiell risikobehafteten Strukturen sowie eine Vorhersage derer Entwicklung über die Zeit.

Durch den Einsatz von numerischen, patientenspezifischen Modellen der Wirbelsäule gelingt es, nicht nur die statische Anatomie, sondern auch das kinematische Verhalten und die damit zusammenhängende muskuläre Kraftentwicklung in die Analysen einzubeziehen. Für eine individuelle anatomische und pathologische Konfiguration können verschiedene Optionen eines chirurgischen Eingriffs simuliert und die jeweiligen Lasten in der Wirbelsäule berechnet werden. Ein direkter Vergleich der un-

terschiedlichen Ansätze gibt Aufschluss darüber, welche Methoden funktionelle Nachteile aufweisen. Somit informieren biomechanisch fundierte Analyseresultate den Chirurgen in der Planungsphase über zu präferierende Operationsparameter und unterstützen damit die häufig schwierige Entscheidung des Arztes, welche Option für den aktuellen Patienten die besten Heilungsprognosen besitzt.

Wir sind der Überzeugung, dass die individuelle biomechanische Analyse der patientenspezifischen Konfiguration von Anatomie, Pathologie und Kinematik zu überlegenen orthopädischen Lösungsansätzen führt.

Marco Senteler, PhD ist Leiter Forschung und Entwicklung bei PrognoSyst. Nach absolviertem Maschinenbaustudium promovierte er an der ETH auf dem Gebiet von patientenspezifischen biomechanischen Simulationen des Bewegungsapparates.



Prof. Dr. med. Mazda Farshad, MPH, wurde am 1.8.2017 zum Ordinarius für Orthopädie der Universität Zürich berufen und hat gleichzeitig die ärztliche Direktion der Universitätsklinik Balgrist übernommen. Er ist Chefarzt für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie und leitet die Abteilung für klinische und angewandte Forschung.



ZuriMED Technologies AG: Neues Implantat mit synthetischem Knochenmaterial für Behandlung von Kreuzbandrissen

Der Balgrist Spin-off ZuriMED Technologies AG hat in enger Zusammenarbeit mit Chirurgen der Klinik ein neues Implantat entwickelt, das nun im Rahmen einer von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten klinischen Studie erstmals in Patienten eingesetzt wird.

Eine gefürchtete Folge nach einem Skiunfall ist ein gerissenes Kreuzband. Diese Knieverletzung erleiden in der Schweiz jährlich mehr als 6000 Menschen. In vielen Fällen hilft nur eine Operation, bei der anstelle des kaputten Bandes ein Stück einer Beinsehne verpflanzt wird. Meist werden körpereigene Sehnen transplantiert. Es ist wichtig, sie gut – etwa mit Schrauben – am Knochen zu fixieren, damit sie den enormen Kräften standhalten, die auf das Knie einwirken. Ein häufiges Problem ist dabei, dass sich das Transplantat in den ersten Wochen nach der Operation lockert, weil es nicht schnell genug anwächst. Das Knie wird dann trotz Operation nicht genügend stabilisiert.

Sehnen lassen sich optimal im Knochen fixieren

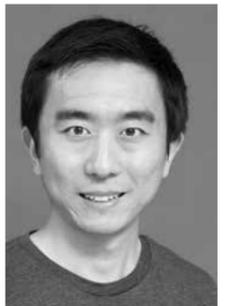
Im Verlauf der letzten Jahre wurde zusammen mit PD Dr. med. Sandro Fucentese und seinem Knie-Team der Universitätsklinik Balgrist ein Implantat-System entwickelt, das Knochenblöcke oder Schrauben durch einen speziellen Anker ersetzt, der aus synthetischem Knochenmaterial besteht. Eingesetzt wird er gleich wie ein Knochenblock. Der Vorteil ist, dass aufgrund des synthetischen Knochenmaterials der Anker ebenso schnell im Knochen einwächst wie ein organischer Knochenblock. So lassen sich Sehnen optimal im Knochen fixieren und die Entnahme von Knochenblöcken entfällt.

Translationale Medizin aus dem Balgrist Campus

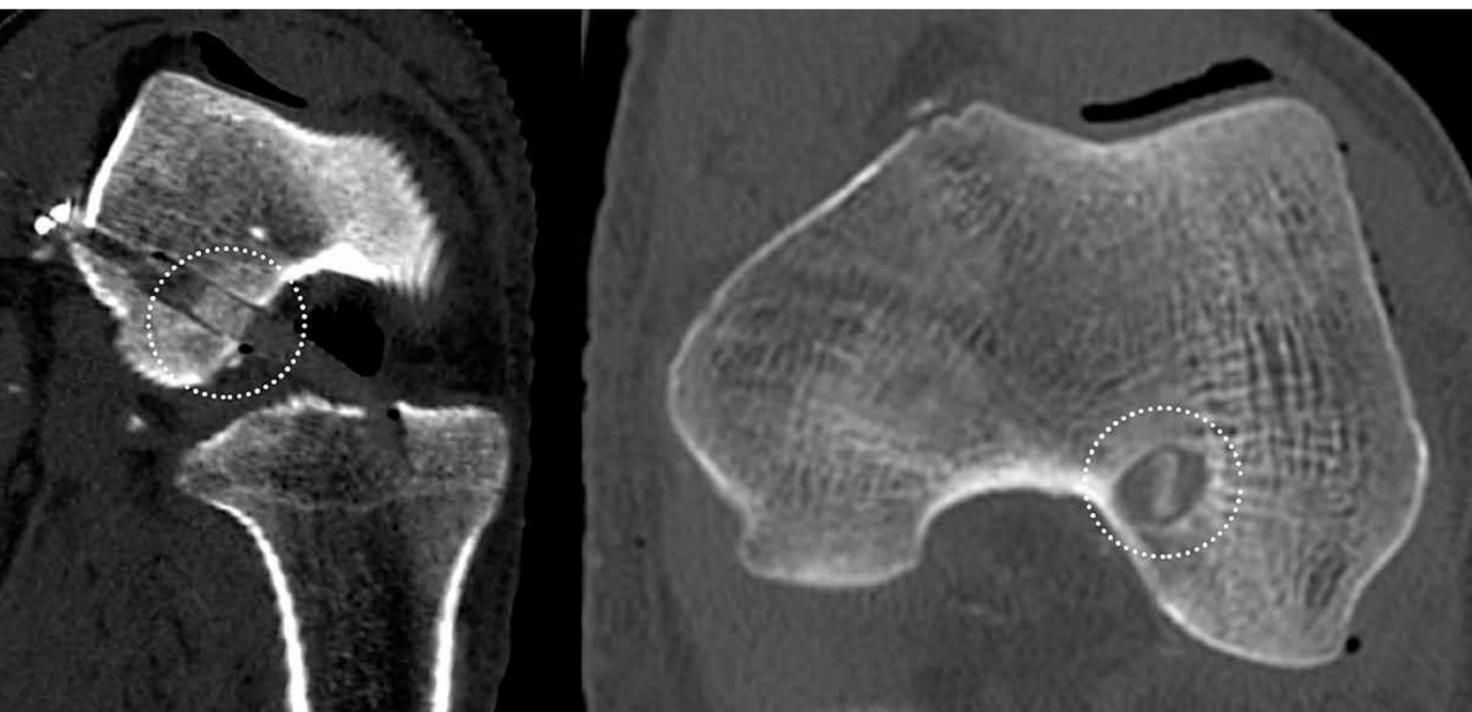
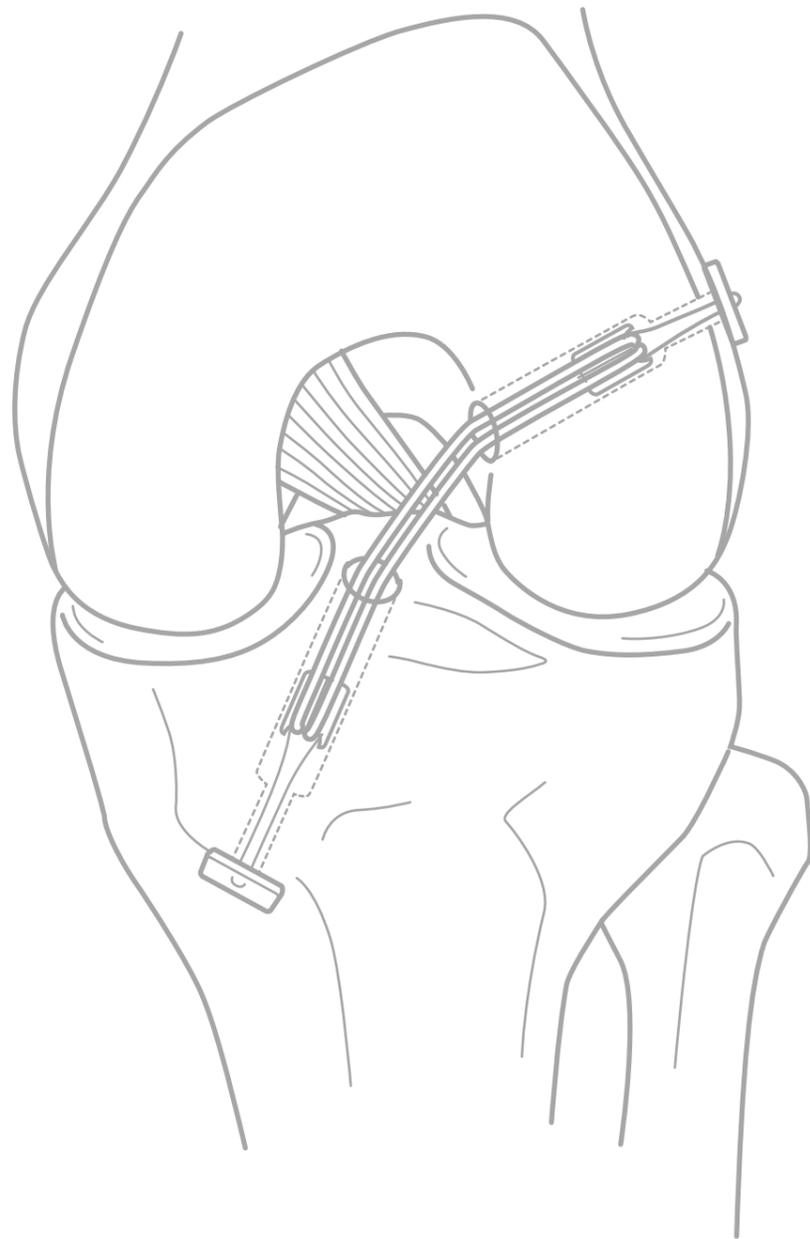
Nach diversen biomechanischen und prä-klinischen Tests und Entwicklungsschritten schafft nun das erste, vollständig im Balgrist Campus entwickelte Medizinprodukt der Klasse III (Implantate) den letzten und wichtigsten translationalen

Schritt: Seit diesem Sommer ist nun eine klinische First-in-Man Studie am Laufen, von der sich das Forscherteam erhofft, schon bald klinische Nachweise zu erbringen, welche die Vorteile dieser neuen Methode auch im Menschen klar aufzeigen. Nach der erfolgreichen Entwicklung des ersten zugelassenen Medizinprodukts, dem sogenannten BTB-Converter™, wird an dem nächsten Projekt gearbeitet, welches das Produkt ergänzen und die Operationstechnik vereinfachen soll.

Dr. Xiang Li studierte Bioingenieurwissenschaften und Mechanik in Xian, China, und promovierte unter der Leitung von Prof. Jess Snedeker 2014 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ, Institut für Biomechanik). 2015 gründete er zusammen mit Prof. Jess Snedeker und Elias Bachmann die ZuriMED Technologies AG, ein Spin-off-Unternehmen der Universitätsklinik Balgrist und der ETH, mit dem Ziel, ein vielversprechendes Forschungsprojekt in ein zugelassenes Medizinprodukt zu transferieren und letztendlich an den Patienten zu bringen.



Prof. Dr. Jess Snedeker ist Extraordinarius für orthopädische Biomechanik an der Universität Zürich (Universitätsklinik Balgrist, Labor für orthopädische Biomechanik) und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ, Institut für Biomechanik). Seit 2006 leitet er das Forschungslabor für orthopädische Biomechanik.



CT-Schnitte mit Implantat im Oberschenkelknochen (weisse Kreise).

Balgrist Card AG: Wirbelsäulen-Simulation mit 3D-Knochen und Lancierung von «MyOsteotomy»

Die Balgrist CARD AG stellt realistische 3D-Knochenmodelle für den Einsatz an einem Wirbelsäulen-Simulator vor. Das Medizinprodukt «MyOsteotomy» ist seit 2016 CE-konform und kann europaweit eingesetzt werden.

Wirbelsäulen-Simulator für Ausbildung und Training

Im Zuge des HSM2-Projektes hat Balgrist CARD, in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Mazda Farshad und der Firma Virtamed AG, einen Simulator entwickelt, mit dem chirurgische Eingriffe an der Wirbelsäule trainiert werden können. Während der Simulation arbeitet der Chirurg an einem 3D-gedruckten originalgetreuen Modell der Wirbelsäule. Die einzelnen Wirbel des Modells bestehen aus ausgeklügelten Mikrostrukturen, wodurch die biomechanischen Eigenschaften von echten Knochen sehr realistisch nachgebildet werden können. Dank diesem hohen Realitätsgrad können Operationschritte trainiert werden, bei denen der Chirurg seine haptischen Fähigkeiten einsetzen muss. Beispielsweise spürt der Chirurg während des Setzens einer Pedikelschraube im 3D-gedruckten Wirbel, ob die Schraube den geplanten Weg findet oder von diesem abweicht.

Ein weiterer Vorteil des Systems liegt darin, dass eine grosse Bandbreite an verschiedenen Anatomien und Pathologien abgebildet werden kann. Da der Simulator mit 3D-gedruckten Knochen arbeitet, kann die «Übungswirbelsäule» sehr einfach ersetzt werden, wodurch sogar das patientenspezifische Training als Operationsvorbereitung bei sehr komplexen Eingriffen möglich wird.

Lancierung Medizinprodukt MyOsteotomy

Das in der CARD-Forschung entwickelte Navigationssystem zur Durchführung von 3D-geplanten Korrekturosteotomien bei fehlgeheilten Knochen wurde im Frühling 2016 als CE-konformes Medizinprodukt eingeführt. Das Navigationssystem «MyOsteotomy» beruht auf patientenspezifischen 3D-gedruckten Instrumentarien, die dem Chirurgen in der Operation millimetergenau die notwendigen Schnitte und Bohrungen vorgeben. Inzwischen werden über 20 Operationen pro Monat

mit MyOsteotomy durchgeführt, wobei bereits 25% der Fälle aus anderen Spitälern der Schweiz, Österreich und Deutschland kommen. Zusammen mit der Universitätsklinik Balgrist führt die CARD AG derzeit intensive Verhandlungen mit den Versicherungen, welche die Kosten der neuen Operationsmethode noch nicht übernehmen. Aufgrund der ausgezeichneten klinischen Resultate und der nachgewiesenen kürzeren Operationszeit gegenüber der konventionellen Methode, erwarten wir eine baldige Einigung mit den Versicherungen.

Zukünftig wird die Ausweitung des Produktportfolios für computerassistierte Operationen angestrebt. Zu diesem Zweck hat die Balgrist CARD AG zusammen mit der Universitätsklinik Balgrist klinische Studien lanciert, welche die Anwendung von «MyOsteotomy» bei Frakturen untersucht, auch in Kombination mit patientenspezifischen Implantaten.

Dr. Sc. Philipp Fürnstahl ist Leiter des CARD-Teams der Universitätsklinik Balgrist und Geschäftsführer der Balgrist CARD AG. Nach seinem Studium der Technischen Mathematik in Graz, begann Ph. Fürnstahl im Jahr 2006 sein Doktoratsstudium am Institut für medizinische Bildverarbeitung der ETH Zürich. Er dissertierte 2010 mit seiner Arbeit «Computer Assisted Planning for Orthopedic Surgery». Bevor er im Jahr 2012 das CARD-Team aufbaute, war er bei Siemens Schweiz als Team- und Projektleiter in der Softwareentwicklung tätig.





Balgrist Tec AG: Mehr Mobilität für Patienten mit Fussheberschwäche

Patienten mit einer neurologischen Erkrankung können oftmals einen Fuss kaum noch anheben. Dank fortschrittlichsten Versorgungsgen aus dem Bereich der Neurorehabilitation gewinnen sie nach einer ausführlichen Testphase wieder an Mobilität und können fast wieder normal gehen, Unebenheiten problemlos überwinden und sogar Treppen steigen.

Das Orthetik-Team der Balgrist Tec AG stellt sich täglich neuen Herausforderungen rund um Diagnosen wie Schlaganfall, multiple Sklerose, Zerebralparese, Schädel-Hirn-Verletzungen oder inkomplette Querschnittlähmung. Bei solchen Erkrankungen ist oft eine Fussheberschwäche die Folge. Das bedeutet, die Ansteuerung des Fusshebermuskels durch das Gehirn ist gestört oder sogar unmöglich. Ist eine Fussheberschwäche vorhanden, werden fortschrittlichste Versorgungsgen aus dem Bereich der Neurorehabilitation eingesetzt, eine sogenannte funktionelle Elektrostimulation (FES). Doch was bedeutet FES genau? Bei einer Fussheberschwäche wird der Peroneusnerv sanft von aussen über ein Stimulationsgerät und Hautelektroden durch elektrische Impulse stimuliert. Anschliessend gibt der Nerv dem Muskel einen Impuls, damit sich der Fuss zum richtigen Zeitpunkt anhebt.

Mit Hightech zurück zur Mobilität

Wenn ein Patient für eine Versorgung mit funktioneller Elektrostimulation in Frage kommt, wird diese genauestens getestet – in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Orthopädist, Arzt und Therapeut. Zu Beginn wird mit einem Testgerät überprüft, ob der Muskel auf einen elektronischen Impuls anspricht und die Nervenleitung intakt ist. Sollte dies der Fall sein, wird mit der Detailanpassung der optimale Punkt für das Setzen der Elektroden bestimmt und die Dauer und Art der Elektroimpulse festgelegt. Für dieses Prozedere benötigt man bei der Ersteinstellung etwas Geduld, da jeder Patient anders eingestellt werden muss, bis alles optimal zusammenspielt.

Einfach losgehen und nach vorne schauen

Das kleine, geschlossene Gerät ermöglicht ein ganz einfaches An- und Ausziehen und wird am Bein

unterhalb des Knies getragen. Die Trägerinnen und Träger können mit dieser Versorgung ihre gewohnten Schuhe tragen, was sie sehr schätzen. Sie sind ausserdem begeistert von den erheblich leichteren Bewegungsabläufen und davon, dass sie wieder viel schneller gehen und viel grössere Distanzen ganz einfach zurücklegen können. Zudem ist ihre Gehsicherheit nachweislich höher und es ist ihnen möglich, Unebenheiten zu überwinden und teils sogar Treppen mit der betroffenen Seite zu steigen.

Bewegung ist bei Fussheberschwächen sehr wichtig, damit die Unterschenkelmuskulatur aktiv trainiert wird. Denn ein trainierter Muskel erleichtert das Gehen noch weiter und bringt jedem Betroffenen ein Stück an Mobilität und somit Lebensqualität zurück.

Corinna Seidel leitet den Fachbereich der Orthetik und arbeitet seit 12 Jahren bei der Balgrist Tec AG. Ihre Spezialgebiete sind Orthetik und Neuro-Orthetik.



Die **Balgrist Tec AG** ist eine Tochterfirma des Schweizerischen Vereins Balgrist und bietet ihren Patienten ein lückenloses Leistungsspektrum in sämtlichen Fachbereichen der Orthopädietechnik, der Reha-Technik und der Orthopädie-Schuhtechnik. Die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Ärzten und Therapeuten gewährleistet dabei stets innovative und qualitativ hochwertige Versorgungslösungen, welche die Mobilität unserer Patienten steigern.

Die Balgrist-Stiftung/ Der Schweizerische Verein Balgrist

Die Balgrist-Stiftung

Die Stiftung unterstützt Forschung, Lehre und Dienstleistungen, die im Zusammenhang mit den Aufgaben und Tätigkeiten der Universitätsklinik Balgrist stehen. Sie will dazu beitragen, dass an der Universitätsklinik Balgrist weiterhin medizinische Spitzenleistungen erbracht werden können. Die Stiftung ist politisch und konfessionell neutral. Sie verfolgt keine kommerziellen Zwecke und strebt keinen Gewinn an.

Unterstützen auch Sie unsere Forschung –
herzlichen Dank!

Bankverbindung Balgrist-Stiftung

Zürcher Kantonalbank
Postfach
8010 Zürich
Konto: 1100-1503-342
IBAN CH05 0070 0110 0015 0334 2

Der Schweizerische Verein Balgrist

Der Schweizerische Verein Balgrist besteht seit 1909 und betreibt die Universitätsklinik Balgrist. Der Verein bezweckt die Förderung der Gesundheit von Personen mit Leiden am Bewegungsapparat. In Zusammenarbeit mit der Universität Zürich und weiteren wissenschaftlichen Institutionen fördert der Verein zudem die Lehre und Forschung am Bewegungsapparat.

Universitätsklinik Balgrist

Forchstrasse 340
CH-8008 Zürich
T +41 44 386 11 11
F +41 44 386 11 09
info@balgrist.ch

Balgrist Campus AG

Lengghalde 5
CH-8008 Zürich
T +41 44 510 70 00
info@balgristcampus.ch