

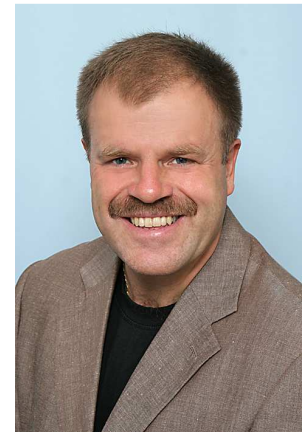
Der Fall des Monats

Ganganalyse in der prothetischen Versorgung

Das Gangbild eines Menschen besitzt charakteristische Merkmale, die wie andere Merkmale Ausdruck des Individuums sind. Selbst Schrittgeräusche können für einen bestimmten Menschen typische Eigenheiten aufweisen, an denen er erkannt wird. Allein aus dieser Beobachtung heraus ist es nicht weiter verwunderlich, dass die Ganganalyse eine wichtige Rolle in der klinischen Praxis im Bereich der physikalischen Orthopädie spielt. Vordergründig geht es darum, Gangstörungen auf ihre Ursachen hin zu untersuchen. Neben der beobachtenden Ganganalyse durch das geschulte Auge gewinnt die instrumentelle Ganganalyse mit modernen Verfahren der Video- und Kraftmesstechnik eine immer größere Bedeutung. Der Wegfall von subjektiven Beurteilungsfaktoren sowie die Unabhängigkeit von der Erfahrung der Experten gestatten einen besseren quantitativen Vergleich zwischen den Gangbildern. Von daher spielt die Ganganalyse auch eine immer größere Rolle in der prothetischen Versorgung.

Bessere Versorgungsergebnisse mit Ganganalyse

Bei einer Beinprothese stehen der funktionelle Nutzen und die Wiederherstellung der Mobilität des Prothesenträgers im Vordergrund. Um diesem Anspruch bei allen möglichen Amputationshöhen gerecht zu werden, besitzen Beinprothesen heutzutage fast ausschließlich einen modularen Aufbau und werden aus unterschiedlichen Passteilen zusammengesetzt. Elektronische Prothesen verfügen zusätzlich über verschiedene Einstellmöglichkeiten zur individuellen Anpassung an den Anwender. Der Fortschritt ist enorm. Manche Betroffene demonstrieren erstaunliche Rehabilitationsergebnisse selbst unter schwierigen Bedingungen. Auf der anderen Seite klagen Prothesenträger oft über ihr unbefriedigendes Versorgungsergebnis und berichten etwa über Schmerzen in den gesunden Gelenken, in den Muskeln oder im Amputationsstumpf, welche die Lebensqualität erheblich beeinträchtigen. Die Erfahrung zeigt, dass nicht selten suboptimal eingestellte Prothesen oder schlecht sitzende Prothesenschäfte die Ursachen sind. Das Ausmaß der in diesen Fällen unsymmetrischen Kräfteverteilung und der kinematischen Disbalance ist selbst für den Experten nicht immer ganz einfach zu erkennen. Mit geeigneten instrumentellen Ganganalysemethoden lassen sich jedoch neben der qualitativen Beurteilung auch quantitative Vergleiche durchführen, um den individuellen Problemen leichter auf die Spur zu kommen. Eine professionelle Laborausstattung beinhaltet Hardware zur kinematischen, kinetischen und myographischen Aufnahme von Gangdaten sowie Software für die anschließende Datenbearbeitung und -analyse. Freilich sind der Ausstattung nach oben hin kaum Grenzen gesetzt, zumal selbst modernste Geräte immer nur einen Teil



Dipl.-Ing. Dr. techn. Hubert Egger, Professor für Prothetik – Studiengang Medizintechnik, University of Applied Science Upper Austria, Linz

des muskuloskelettalen Zusammenspiels erfassen und komplexeste Gehparcours die individuellen Alltagssituationen der Prothesenträger immer nur begrenzt nachbilden. Welche Methode im Rahmen der Erstversorgung zum Einsatz kommt, hängt von der konkreten Fragestellung, den vorhandenen Möglichkeiten und nicht zuletzt vom Zeit- und Finanzbudget der Reha-Einrichtungen ab. Im Rahmen der lebenslangen Nachversorgung fehlen leider in den meisten Fällen regelmäßige Ganganalysen zur sehr wichtigen Qualitätskontrolle. Dies liegt vor allem daran, dass in den kleineren und mittleren Versorgungseinrichtungen, welche die Nachbetreuung im näheren Umfeld der Prothesenträger durchführen, professionelle Ganganalyselabors vielfach fehlen. Größere Reha-Einrichtungen liegen zumeist weitab vom Wohnbereich der Betroffenen und stellen wegen des notwendigen mehrtägigen Aufenthalts eine größere Hürde dar. Der Wunsch nach Lösungen für oft jahrelang ungelöste Probleme liegt damit auf der Hand.

Kinematische Analysemethode

Bei der kinematischen Methode werden ausgewählte Stellen am Körper mit Markern versehen. Im einfachsten Fall werden die Marker am Sprunggelenk, am Kniegelenk und am Becken positioniert. Während der Prothesenträger eine festgelegte Zeit auf einem Laufband geht, werden die Bewegungen der Marker aufgenommen und digital auf ein Speichermedium abgelegt. Vielfach finden videobasierte Systeme mit passiven oder aktiven Infrarot-Markern Anwendung. Eine Software bearbeitet die Bewegungsdaten und gibt sie anschließend in eine 2D- oder 3D-Form auf einem Bildschirm aus. Die Darstellung der Markerbewegung als Kurve über die gesamte Messung verleiht einen besonders übersichtlichen Einblick etwa in die Symmetrie der Gangbewegung (siehe Abb. 1). Parameter - wie die Differenz der Horizontal- und Vertikalbewegung der Marker - werden automatisch ermittelt und in Tabellenform dargestellt (siehe Tab. 1). Diese Untersuchung ermöglicht einen raschen Überblick über die Symmetrie der Hüft-, Knie- und Sprunggelenksbewegung und gestattet bei unilateral Versorgten einen unmittelbaren Vergleich der Kinematik des Prothesenbeines mit der des gesunden Beines. Selbstverständlich können die Marker je nach Fragestellung an unterschiedlichen Stellen positioniert und die Messung in mehreren anatomischen Ebenen durchgeführt werden.

Messung an:	Differenz der Markerbewegungen (Marker rechts - Marker links)	Abweichung der Symmetrie ΔX (cm)	Abweichung der Symmetrie ΔY (cm)
Hüfte	M1_R - M1_L	3,3	0
Knie	M2_R - M2_L	11,2	-1,4
Sprunggelenk	M3_R - M3_L	6,6	2,5

Tab. 1: Differenzen der Horizontal- und Vertikalbewegungen der Marker

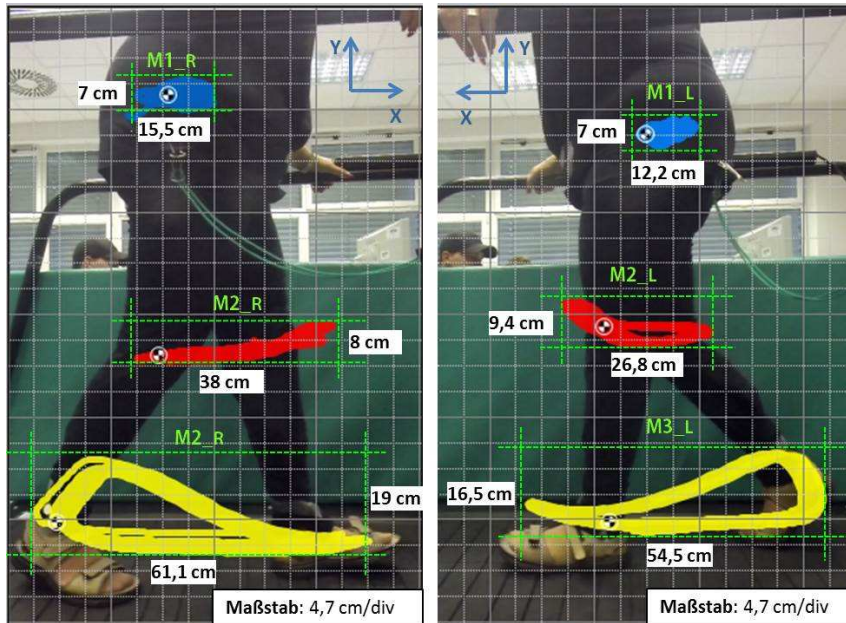


Abb. 1: 2D-Darstellung der Markerbewegungen. Untersuchung der Symmetrie der Hüft-, Knie- und Sprunggelenksbewegung in der Sagittalebene bei Patienten mit unilateraler Prothesenversorgung (Foto: FH-OÖ, Studiengang Medizintechnik)

Kinetische Analysemethode

Bei der kinetischen Methode geht es im Prinzip um die Messung von Kräften und die durch sie hervorgerufenen Bewegungen. Typischerweise wird die Reaktionskraft des Bodens auf jene Kraft gemessen, welche der Körper durch die Füße beim Gehen auf den Boden hervorruft. Diese Bodenreaktionskräfte hängen vom Körpergewicht und der Körperbeschleunigung in den einzelnen Gangzyklen ab, welche von den Muskelkräften hervorgerufen werden. Die Bodenreaktionskraft ist ein dreidimensionaler Vektor im Raum. Der zeitliche Verlauf seiner drei Komponenten F_x , F_y und F_z wird gemessen und digital auf ein Speichermedium abgelegt. Die Kraftkomponente F_z ist dabei die Vertikalkomponente und steht senkrecht zur Kraftmessplatte, während die Kraftkomponenten F_x und F_y tangential zur Kraftmessplatte ausgerichtet sind und die Scherkräftkomponenten darstellen (siehe Abb. 2). Zur Messung der Komponenten wird eine extra zu diesem Zweck konstruierte Kraftmessplatte verwendet, welche im Boden des Ganganalyselabors eingebaut ist. Tatsächlich sind die Bodenreaktionskräfte immer über die Fußsohle und damit auf die Kraftmessplatte verteilt. Um sie trotzdem miteinander vergleichen zu können und überschaubare Aussagen über ihren Kraftverlauf unter dem Fuß machen zu können, benötigt man eine Art Kraftschwerpunkt, an dem man sich die Kraftkomponenten in jedem Augenblick konzentriert vorstellt. Dieser

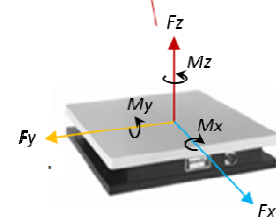


Abb. 2: Kraftmessplatte zur Messung der Bodenreaktionskräfte und -momente

Punkt wird als Center of Pressure (CP) bezeichnet. Die Kurve seines Verlaufs ist einer der wichtigsten Parameter bei der Ganganalyse. Weitere Parameter sind die Drehmomente M_x , M_y und M_z um die Bezugsachsen der Kraftmessplatte. Wichtigstes Moment hiervon ist das Vertikalmoment M_z , welches Drehkräfte des Fußes um die Vertikalachse während der Abrollbewegung wiedergibt. Die Messungen werden für beide Füße durchgeführt. Der Vergleich innerhalb der Kurven sowie mit Referenzkurven gibt auch hier das Zusammenspiel zwischen Körper und Beinprothese wieder. So zum Beispiel kann abgelesen werden, wie effizient eine Beinprothese das Körpergewicht beim Bergabgehen abfedert und damit gelenkbelastende Stöße vermeidet oder wie die Körperbeschleunigung des Prothesenfußes im Vergleich zum gesunden Fuß ist bzw. von der Referenzkurve abweicht (siehe Abb. 3). Während die Referenzkurven (linke Spalte) eine nahezu gleiche Körperbeschleunigung durch einen gesunden linken und rechten Fuß zeigen (rote und blaue Kurve), gibt die Messung bei dem Prothesenträger (linke Spalte) eine deutlich geringere Körperbeschleunigung der Beinprothese (rote Kurve) im Vergleich zum gesunden Bein (blaue Kurve) wieder.

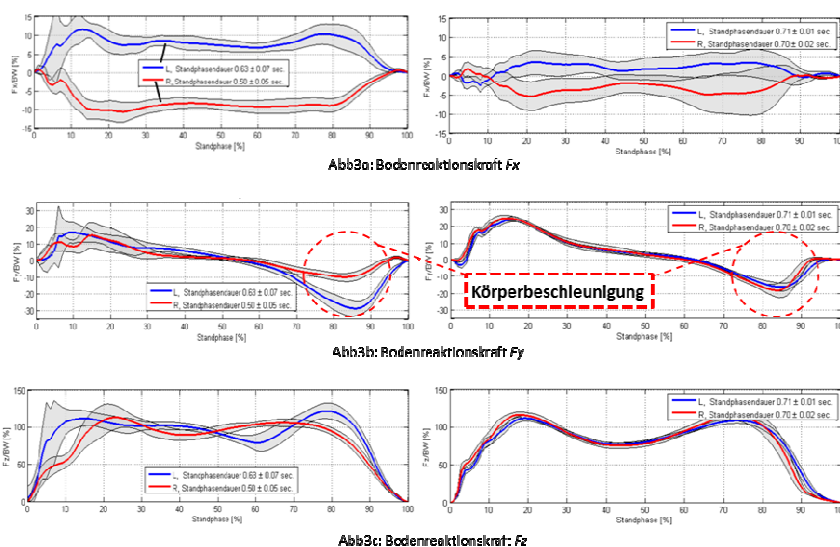


Abb. 3: Bodenreaktionskräfte F_x , F_y und F_z bei einem Patienten mit unilateraler Beinprothesenversorgung (linke Spalte, rote Kurve), sowie Referenzkurven (rechte Spalte).

Pedobarometrische Analyseverfahren

Wie oben erwähnt, ist der Center of Pressure (CP), welcher bei der kinetischen Analyse mit einer Kraftmessplatte ermittelt wird, eine Art Kraftschwerpunkt an der Fußsohle. Er gibt keine Auskunft über die konkrete Druckverteilung auf der Fläche der Fußsohle. Diese beeinflusst jedoch im hohen Maße die Kraftübertragung vom Prothesenschaft auf die Weichteile des Amputationsstumpfes, die

Wirkungslinie dieser Kraft durch die Gelenke und spielt nicht zuletzt bei Gleichgewichtsstörungen eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund wurden zum einen spezielle Matten und zum anderen Einlegesohlen entwickelt, welche mit einem Array an Durchsensoren ausgestattet sind. Letztere werden direkt in die Schuhe eingelegt. Da in diesem Fall der Prothesenträger das Sensorsystem quasi am Körper trägt und die Druckverhältnisse in verschiedenen Alltagssituationen leichter gemessen werden können, werden sie bevorzugt in der Prothesenversorgung eingesetzt. Gemessen wird, welche Fußregion welcher Belastung beim Gehen auf ebenem Boden, beim Treppensteigen oder beim Gehen auf einer Rampe ausgesetzt ist, wo der maximale Druck auftritt und wie das Abrollverhalten ist. Welche Einlegesohlen mit welcher Sensordichte zur Anwendung kommen, hängt von der Fragestellung bzw. den Auflösungsansprüchen ab. Einlegesohlen mit mehr als hundert Drucksensoren sind heutzutage Standard und reichen für die meisten Anwendungen aus. Moderne Pedobarometriesysteme übertragen die Sensordaten von einem am Körper fixierten Sender zum PC. Damit kann sich der Anwender frei von Kabeln bewegen (siehe Abb. 4). Am PC wird die Druckverteilung in Echtzeit angezeigt während die Daten für weitere Analyse Zwecke in einem Datenspeicher abgelegt werden. Ähnlich wie in der physikalischen Orthopädie diese Art von Messungen dazu dienen können, Fußfehlstellungen und Fußtypen zu unterscheiden, können im Rahmen einer Beinprothesenversorgung Fußprothesen hinsichtlich ihres Aufbaus beurteilt werden. Das kann dem Orthopädietechniker die Auswahl von Passteilen oder ihre Feinjustierung ungemein erleichtern. Der Vergleich der Druckverteilung am Prothesenfuß beim Gehen auf ebenem Boden zeigt in Abb. 5 (links) leichte Druckstellen im Vergleich zum gesunden Fuß sowie in Abb. 5 (rechts) einen leicht nach hinten verlagerten Schwerpunkt. Dies könnte sich auf das Körpergleichgewicht nachteilig auswirken und sollte - je nach Justiermöglichkeiten an der Prothese - zu Maßnahmen führen, damit sich der Schwerpunkt erstens nach vorne verschiebt und zweitens der Kreuzungspunkt des symmetrischen, schmetterlingförmigen Kräfteverlaufs im vorderen Drittel der Standfläche zu liegen kommt. Leider wird die wichtige Rolle einer Fußprothese oftmals unterschätzt und insbesondere bei höheren Amputationsniveaus dem Prothesenkniegelenk mehr Aufmerksamkeit geschenkt als dem Fußgelenk. Dies ist insofern fraglich, als der Prothesenfuß genauso wie ein gesunder Fuß den unmittelbaren Kontakt zum Boden herstellt. Sowohl seine Funktion (Federung, Freiheitsgrade des Sprunggelenks, aktive / passive Steuerung usw.) als auch seine Stellung sind nicht nur für das Gangbild verantwortlich, sondern auch für die Gangsicherheit bei den naturgemäß unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten im Alltag und für mögliche Folgeerkrankungen.



Abb. 4: Prothesenträger mit Sensorsohlen für pedobarometrische Analyse

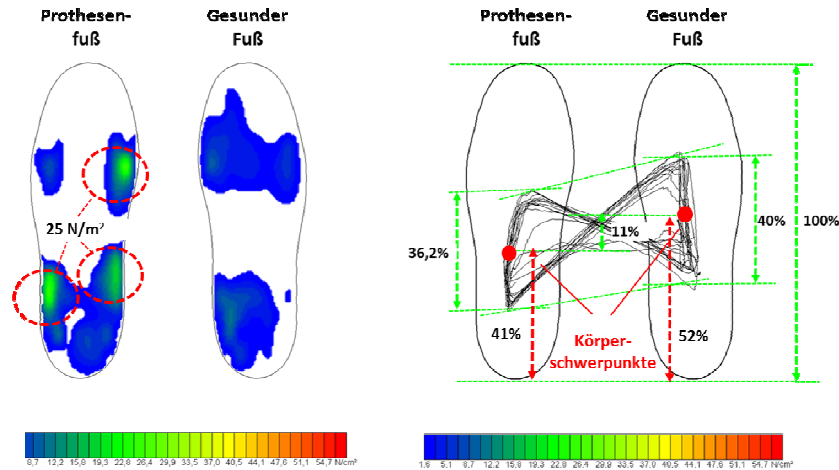


Abb. 5 : Pedobarometrische Analyse bei einem unilateralen Prothesenträger. Druckverteilung (rechts) an der Fußsohle beim Gehen auf ebenem Boden sowie die Lage der Schwerpunkte (links)

Korrespondenzadresse

Dipl. Ing. Dr. techn. Hubert Egger, University of Applied Science Upper Austria, Fakultät für Gesundheit und Soziales, Studiengang Medizintechnik, Garnisonstraße 21, 4020 Linz, Österreich, hubert.egger@fh-linz.at

Wussten Sie schon...

...welche Rechte und Ansprüche bei der Prothesenversorgung bestehen?



Die Versorgung behinderter Menschen mit Prothesen hat sich innerhalb der letzten 20 Jahre erheblich verändert: Der technische Fortschritt in der Prothesenentwicklung setzt höhere Versorgungsstandards, steht aber dem zunehmenden Kostendruck im Gesundheitswesen gegenüber. Die Folge trägt der Patient: Er sieht sich oft vor unüberwindbare Hindernisse gestellt, zügig eine seinen Ansprüchen entsprechende Prothesenversorgung zu erhalten. Versorgungsprozesse ziehen sich so in die Länge, Zuständigkeiten werden ignoriert und die Kosten immer wieder als Bewertungskriterium für den Versorgungsstandard herangezogen.

Ist das aber rechtens? Auf diese allgemeine Grundsatzfrage gibt der neue Ratgeber „Recht und Anspruch bei der Prothesenversorgung“, herausgegeben von eurocom e. V., ebenso eine Antwort wie auf spezielle juristische Fragen, die sich innerhalb des Versorgungsprozesses stellen. Übersichtlich und verständlich klärt die Publikation über rechtliche Grundlagen und den individuellen Versorgungsanspruch des Versicherten auf, über gesetzliche Regelungen im Rahmen der Antragstellung, über Unterschiede zwischen Gewährleistung und Garantie, Nutzungsdauer und Mindestgebrauchszeiten

sowie über die Rolle des medizinischen Dienstes der Krankenkassen. Besondere Berücksichtigung findet dabei das Prozedere des Antrags-, Widerspruchs- und Klageverfahrens.

Die Printversion des Ratgebers „Recht und Anspruch bei der Prothesenversorgung“ kann unter www.eurocom-info.de bestellt werden. Dort befindet sich außerdem eine pdf-Datei zum Download.

Aktuelles aus der Gesundheitspolitik

- ✓ **Neue ÄrztInnenausbildung durch den Ministerrat.** Die Novelle zum Ärztegesetz ist beschlossen. Sie sieht wesentliche Verbesserungen in der Ausbildung der Ärztinnen und Ärzte vor. Die Ausbildung wird an die internationalen medizinischen Standards angepasst und soll das hohe Niveau der ärztlichen Tätigkeit absichern. Dies sei vor allem vor dem Hintergrund einer älter werdenden Bevölkerung notwendig. Ziel der Novelle ist es, die Ausbildung auf Inhalte und nicht mehr auf Strukturen zu fokussieren. So ist die Verpflichtung zur Absolvierung einer neunmonatigen Basisausbildung nach dem Medizinstudium Kern der Gesetzesnovelle. Erst danach kommt es zu einer Entscheidung, ob eine allgemeinärztliche oder fachärztliche Ausbildung angestrebt wird. (Quelle: BM für Gesundheit)
- ✓ **Krankenkassen haben Finanzziele übererfüllt: Von 2010 bis 2013 Einsparungen von drei Milliarden Euro.** Die Krankenkassen haben ihre Sanierung erfolgreich abgeschlossen. Im Zuge des 2009 beschlossenen Sanierungskonzepts wurde den Kassen ein Kostendämpfungsvolumen von 1,725 Milliarden Euro für den Zeitraum von 2010 bis 2013 vorgegeben. Tatsächlich erreicht wurden drei Milliarden. Das geht aus dem Abschlussbericht hervor, den Gesundheitsministerin Sabine Oberhauser dem Ministerrat am 15.10.2014 vorlegt. (Quelle: Der Standard)

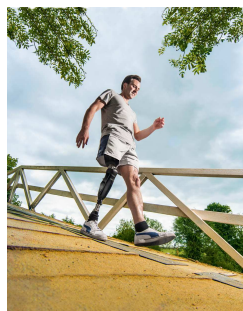
Industrieticker



Das neue **Container-Schaftventil V10** erzeugt ein Vakuum zwischen Prothesenschaft und Stumpf und sorgt damit für den perfekten Halt der Prothese. Eingedrungene Luft wird durch manuelle Betätigung entfernt. Um ein müheloses Handling zu ermöglichen, wurde der Ventilkörper mit einer großen Öffnung versehen. Das Gehäuse ist in den Schaft eingeschraubt und kann mithilfe des Montage-Schlüssels schnell und unkompliziert wieder ausgebaut werden. Mehr unter www.uniprox.de



Seit drei Jahren gibt es den **medi panthera CF I**: innovativ im Design, harmonisch im Gang und sicher im Stand. Er bietet die intelligente Kombination aus Elastomer für mehr Komfort und Karbon für mehr Dynamik. Damit ist er zu einem der Standards für die Versorgung von Amputierten der Mobilität 2 und Anfang 3 geworden. Informationen: www.medi-austria.at



Das neue **Orion2** mit **Mi² Motion Integrated Intelligence** verfügt über verbesserte Mikroprozessor-Funktionen: Es unterstützt die Bewegungsabläufe, reduziert den Energieaufwand und erhöht die Sicherheit des Prothesenanwenders. Die Anforderungen lassen sich mittels PC-Software individuell einstellen und nach jeweiligem Gangbild fein justieren. Die neuen Funktionen und der optimierte Auslösepunkt bieten ein hohes Maß an Sicherheit im Anwenderalltag. www.endolite.de.

Innovative Features präsentiert die Streifeneder ortho.production GmbH bei ihren neuen **Silikon- und Gel-Linern**.



Eine antibakterielle Ausrüstung sowie Antirotationskontrollen sorgen für ein komfortables Tragegefühl und noch mehr Stabilität. Der neue Funktionsbezugsstoff garantiert ein leichtes Auf- und Abrollen des Liners und dient zur Minimierung der Längsdehnung. Die Liner sind mit oder ohne Distalanschluss und in verschiedenen Materialstärken verfügbar. Der silber- und dunkelgraue Bezugsstoff sorgt in Kombination mit farbigen Aufdrucken und Distalanschlüssen für eine ansprechende Optik. www.streifeneder.de

ALLUX Knie ist das weltweit erste polyzentrische 4-Achs-Kniegelenk mit mikroprozessorgesteuerter Schwung- und Standphase. Die Polyzentrik steigert die Bodenfreiheit und verringert dadurch die Stolpergefahr erheblich. Jegliche Einstellungen erfolgen mittels Software über Bluetooth. Vier separat wählbare Modi machen das Kniegelenk zu einem vielseitigen und zuverlässigen Partner. www.ortho-reha-neuhof.de

