

Forschungsprojekt zur Verletzungsprävention

„Biiiep“ bei dauerhafter „Fehlbelastung“?



„Wearable Computing“, „Smart Clothes“ oder „e-textiles“ sind Produkte der Zukunft: Dank integrierter elektronischer Komponenten gibt es bei Bedarf leuchtende und beheizbare Jacken oder Handschuhe und T-Shirts mit W-LAN-Signalstärkeanzeige. Solche Systeme etablieren sich nicht nur bei Lifestyle-Produkten; auch Sportler oder Herzpatienten haben die Vorteile von integrierten Puls- oder Blutdruckmessern schätzen gelernt.

Dauerhaft am Limit zu trainieren hat oft schmerzhafte Folgen, das haben schon viele Läufer – und zwar Spitzen- wie Breitensportler – am eigenen Leib erfahren. Überlastungsbedingte Sportverletzungen treten so häufig auf, dass sie ein gesundheitspolitisches Problem darstellen. Besonders häufig sind Beschwerden an der Achillessehne. Deshalb soll nun ein Forschungsprojekt technische Lösungen zur Verletzungsprävention im Laufsport erarbeiten. Es geht um die Entwicklung eines Konzepts für einen „Smart Shoe“, der den Sportler warnt, sobald die Gefahr einer andauernden Überlastung und somit einer eventuellen Verletzung besteht. Das PFI und das Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft der Universität Stuttgart arbeiten gemeinsam an diesem Projekt, das im Januar 2013 begann und Ende 2014 abgeschlossen sein wird.

Damit nicht nur Global Players, sondern auch deutsche Klein- und mittelständische Betriebe eine Chance haben, derartige Produkte zu kommerzialisieren, ohne eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen unterhalten zu müssen und ohne das nicht unerhebliche Risiko des Scheiterns tragen zu müssen, gibt es die IGF-Forschungsförderung. IGF steht für „Industrielle Gemeinschaftsforschung“. Über den Rahmen der IGF fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Projekte, die eine Brücke schlagen zwischen Grundlagenforschung und wirtschaftlicher Anwendung. IGF-Projekte bereiten neue Technologien für eine gesamte Branche auf, um die Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittelständischer Unternehmen zu stärken.

„Intelligenter“ Schuh zur Verletzungsprävention?

Längst verlassen sich Hobby- wie Leistungssportler beim Lauftraining nicht mehr ausschließlich auf ihr Gefühl bei der Wahl der Trainingsbelastung. Und nicht nur, wer ans Limit gehen will, benutzt das „Biiiep“ einer Pulsuhr zur Kontrolle. Wie wäre es, wenn auch der Schuh mit einem „Biiiep“ vor einer eventuell langen und frustrierenden Verletzung warnen könnte?

Eine klassische Überlastungsfolge bei Läufern sind Beschwerden an der Achillessehne. Schuhtechnische Maßnahmen konnten dieses Problem bislang nicht eindämmen; keine Modifikation konnte einen nachweisbaren klinischen Effekt in der Reduktion von Überlastungsschäden erzielen. Daher muss ein neuer Ansatz her: Ein „Smart Shoe“, ein „intelligenter“ Schuh, könnte die Lösung sein; ein Schuh, der den Sportler warnt, wenn dieser dauerhaft über seine Grenzen geht und eine Verletzung riskiert.

Unter dem offiziellen IGF-Projekttitle „Untersuchung zur Integrationsmöglichkeit moderner Sensorik im Schuh am Beispiel der Vermeidung von Überlastungsfolgen bei Sport- und Arbeitsschuhen durch schuhtechnische Maßnahmen – SensorControlRunning“ erarbeiten das PFI und die Universität Stuttgart derzeit gemeinsam ein Smart-Shoe-Konzept. Dazu müssen im Vorfeld Messtechnik sowie Komponenten entwickelt und getestet werden, die später im Schuh eingebaut werden sollen.

Was es schon gibt und was noch entwickelt werden muss

Die aktuell am Markt erhältlichen Smart-Shoe-Systeme sind nur bedingt oder gar nicht zur Ganganalyse zwecks Laufstiloptimierung geeignet. Sie detektieren ausschließlich Schritte und Positionsdaten. Es ist mit ihnen nicht möglich, Aussagen zur individuellen Belastung oder zur neuromuskulären Ansteuerung zu treffen. Entwickelt wird ein System, das die Bestimmung individueller anatomischer Merkmale zulässt und gleichzeitig die Möglichkeit bietet, die Auswirkungen von Veränderungen am Schuh auf die funktionelle Biomechanik des Sprunggelenkes zu messen mit dem Ziel, Verletzungen durch Überlastung vorzubeugen.

Im Fokus: Sprunggelenkachse, Stoßkräfte und Vibrationen

Die individuelle anatomische Ausprägung der Gelenkachsen der Sprunggelenke wurde in der Literatur schon häufig als Risikofaktor diskutiert, jedoch nie bei der Modifikation von Laufschuhen berücksichtigt. An der Universität Stuttgart wurde 2006 ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, die Gelenkachse des

Sprunggelenks in vivo, also nicht invasiv in Echtzeit und im Feld zu erfassen. Dieses neue Messverfahren erlaubte erstmals, einen statistischen Zusammenhang zwischen der individuellen Gelenkanatomie (Lage der Gelenkachse) und der Häufigkeit von Achillessehnenbeschwerden bei Läufern nachzuweisen.

Eine in der Fachliteratur diskutierte Komponente, die zur Entstehung von Überlastungsschäden beiträgt, ist die auf die Ferse wirkende Stoßkraft, welche entlang des Unter- und Oberschenkels auf die gesamte untere Extremität einwirkt. Deshalb wurde in den vergangenen Jahren versucht, diese Stoßkräfte über vergrößerte Dämpfungselemente am Schuh zu minimieren. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse hingegen weisen auf positive Auswirkungen erhöhter Stoßkräfte hin. So konnte beim Laufen auf festem Untergrund mit hoher Stoßbelastung eine reduzierte Belastung der Achillessehne nachgewiesen werden.

Ein Messsystem, welches während des Laufens die Bestimmung der wirkenden Stoßkräfte, der Achillessehnenvibrationen und der Pro- und Supinationsbewegungen in Abhängigkeit der Achslage (untere Sprunggelenkachse) erlaubt, könnte maßgeblich zur Entwicklung präventiver Modifikationen am Schuh beitragen. Mit Hilfe eines solchen Messsystems könnte die Abhängigkeit der erhobenen Daten von der individuellen Lage der unteren Sprunggelenkachse bestimmt werden.

Zur Bestimmung der subtalaren Gelenkachse hat sich in den letzten Jahren die Bewegungsanalyse etabliert. Die eingesetzten Messverfahren waren jedoch alle mit großem apparativem Aufwand verbunden. Die Verfahren unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die verwendete Technologie der Bildgebung sowie durch die Berechnung der Lage der individuellen Sprunggelenkachsen. Weil es so schwierig ist, eigene, neue Daten zu ermitteln, werden bis heute in der Forschung meist die 1969 von Isman und Inman in-vitro erhobenen Werte zur Lage der unteren Sprunggelenkachse als Standardwerte verwendet (wer mag, kann die Studie über „R.E. Isman und V.T. Inman, Anthropometric Studies of the Human Foot and Ankle“ ergooglen. Sie wurde 1969 im Labor mit den Unterschenkelknochen von 46 Leichen durchgeführt).

Forschungsprojekt zur Verletzungsprävention „Biiiep“ bei dauerhafter Fehlbelastung?

Es gibt bisher keinen marktfähigen Smart Shoe zur Laufanalyse

Weltweit befassen sich mehrere Forschergruppen mit „Smart Clothes“, also der Integration von Elektronik und Mikrosystemtechnik in Kleidung. Das US-amerikanische MIT (Massachusetts Institute of Technology) befasst sich intensiv mit der Herstellung von Sensoren und Schaltungen in und mit Textilien, desweiteren mit der Integration und der Energieversorgung von Elektronik und Sensoren in beziehungsweise an Schuhen. In Veröffentlichungen hat das MIT bereits Schuhe mit elektronischen Komponenten vorgestellt. Ebenso wurde ein Schuhsystem zur Laufanalyse vorgestellt, welches dem Nutzer während des Gehens in Echtzeit Rückmeldung gibt. Bei keiner dieser Lösungen kann man jedoch von einem marktfähigen Produkt sprechen, weil sie mit Maßen von etwa 150x100x40 mm und rund 400 g zu groß und zu schwer sind, um in Schuhen integriert zu werden.



Das am Sprunggelenk angebrachte Goniometer misst den Verlauf von Pronation und Supination in Grad, während das obere Goniometer die Beugung im Kniegelenk misst

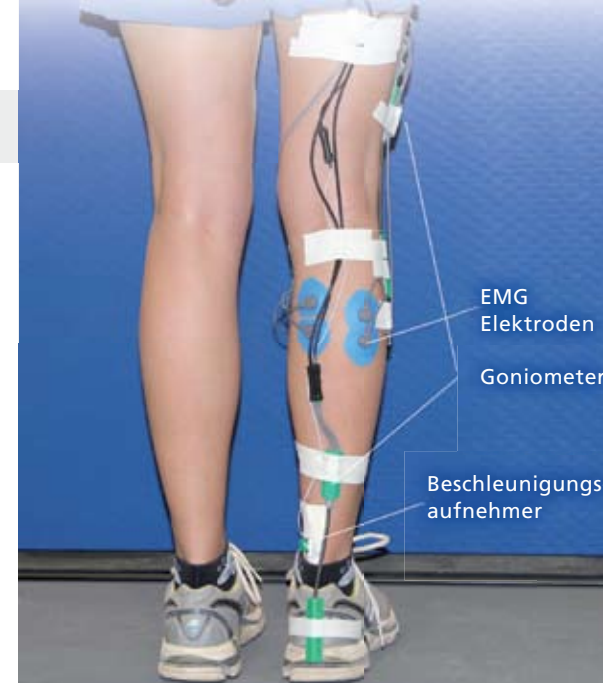
„Mini-Ganganalyselabor“ im Schuh

Die Ziele des PFI-Forschungsprojektes sind:

- einen Messschuh zu entwickeln, der Stoßkräfte, Achillessehnen-schwingung sowie Pro- und Supinationsbewegungen während des Laufens aufzeichnet
- die Abhängigkeit der Achillessehnen-schwingungen und Pro- und Supinationsbewegungen von der Ansteuerung einzelner Unterschenkelmuskeln und von den bei jedem Schritt wirkenden Stoßkräften zu bestimmen
- optimale Stoßkräfte für verschiedene Achslagen der unteren Sprunggelenkachse zu analysieren, bei deren Auftreten die geringsten Vibrationen der Achillessehne zu verzeichnen sind
- achsspezifisch modifizierte Schuhe zu entwickeln, um die Vibrationen der Achillessehne zu minimieren und Überlastungsfolgen in diesem Bereich zu reduzieren

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes sollen Messgrößen im und am Schuh identifiziert werden, mit denen sich Fehlbelastungen in Abhängigkeit von der individuellen Gelenkanatomie detektieren lassen. Weiterhin sollen in den Schuh integrierbare Messsysteme entworfen und implementiert werden. Gleichzeitig sollen schuhtechnische Maßnahmen entwickelt werden, um Überlastungen entgegenzuwirken. Mit den Messsystemen sollen Kriterien für eine zuverlässige Diagnose entsprechender prädisponierender Faktoren erarbeitet sowie die Korrekturmaßnahmen an den Schuhen auf ihre Wirksamkeit bewertet werden.

Die zu entwickelnden Mess- und mikro-elektromechanischen Systeme (MEMS) sollen also ein konkretes Problem lösen und gleichzeitig als Referenz dienen, Schuhsysteme zu entwickeln, mit deren Hilfe Sportler ihren Laufstil überwachen können. Auch bei der Suche nach der Ursache von Überlastungsfolgen könnten die zu entwerfenden Systeme nützlich sein.



EMG steht für Elektromyografie.
EMG-Elektroden messen die Muskelaktivität

In dem vorgeschlagenen Projekt sollen in einem ersten Schritt ein MEMS-basiertes Messsystem entwickelt werden, dessen Zweck es ist, Daten zu ermitteln, auf deren Grundlage ein biomechanisches Problem gelöst werden kann. Parallel dazu soll ein System zur aktiven Laufkontrolle entwickelt werden, das alltagstauglich in einem Schuh oder in einer Einlegesohle integriert werden kann.

Zusätzlich soll der Nachweis erbracht werden, dass es möglich ist, mit den entwickelten Systemen erstens verschiedene Gangparameter in hinreichender Qualität zu messen und zweitens bisher nicht ermittelbare, im Schuh gemessene Daten zu liefern, um Interpretationslücken zu den Informationen, welche vorhandene Ganganalysesysteme bereits liefern können, zu schließen.

Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Die aus diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse werden das Wissen erweitern, wie elektronische beziehungsweise mikrosystemtechnische Erzeugnisse in das Produkt Schuh integriert werden können. Sie stellen somit einen wichtigen Schritt dar zur Untersuchung der Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) in einem textilen Umfeld.

Zu den technologischen Lösungen, die man aus den Projektergebnissen zu entwickeln hofft, könnte ein standardisiertes Diagnostik-System für die individuelle Gelenk-

anatomie gehören. Ein solches System könnte sehr vielfältig eingesetzt werden: beispielsweise im Reha-Training von Schlaganfall-Patienten, denen ein solches Schuhsystem dabei helfen könnte, ein physiologisches Gangbild zu erlernen und anzuwenden, indem sie bei einer anhaltend vom Soll-Gangbild abweichenden Bewegung auf diesen Sachverhalt aufmerksam gemacht werden. Darüber hinaus könnte ein solches System die Beratung im Sportfachgeschäft, die Beurteilung therapeutischer Maßnahmen in der Orthopädie-Schuhtechnik, die verbesserte Versorgung in physiotherapeutischen Einrichtungen, die Planung und Durchführung operativer Eingriffe an Fuß und Sprunggelenk sowie die Individualisierung der Versorgung mit Sprunggelenk-Endoprothesen unterstützen.

Modifikationen zur Anwendung auf andere Gelenke (Kniegelenk, Hüftgelenk) könnten auch im gesundheitspolitisch außerordentlich wichtigen klinischen Bereich zu deutlichen Verbesserungen führen.

Einen unmittelbaren Nutzen aus den Projektergebnissen erzielen Orthopädie-, Arbeits- und Sportschuhhersteller. Die Ergebnisse werden in Seminaren der Forschungsstelle, in Fachzeitschriften, aktuellen Informationsschriften, auf Fachtagungen sowie im Internet veröffentlicht. Sie sollen auch an Sportverbände kommuniziert werden, in denen Sportarten organisiert sind, die primär mit Verletzungen der unteren Extremitäten konfrontiert sind, wie beispielsweise Fußball, Handball, Volleyball oder Basketball.

Dieses Projekt wird von der AiF unter der Nummer 17615 N gefördert.



Weitere Informationen

PFI Engineering
Dipl.-Ing. Peter Schultheis
Telefon: +49 (0)6331 249040
E-Mail: peter.schultheis@pfi-germany.de

Ilka Meinert
Universität Stuttgart
Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft
University of Stuttgart
Department of Sport and Exercise Science
Telefon: +49 (0)711 685 68247
E-Mail: ilka.meinert@inspo.uni-stuttgart.de