Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Institut für Biomechanik
Institute for Biomechanics

Vorsteher: Prof. Dr. E. Stüssi

ETH Zürich
Dr. Alex Stacoff
HCI E 365.1
CH-8093 Zürich

Zürich, den 14. Juni, 2007

Abstract zum ESK Forschungsprojekt:

„Biomechanik des patellofemoralen Schmerzsyndroms (PFPS)“

Einleitung:
Der bei Läufern weit aus am häufigsten verletzte Körperteil ist das Knie und bei über 30% dieser Knieverletzung handelt es sich um das Patellofemorale Schmerz Syndrom (PFPS). Allerdings ist der genaue Ursprung oder ein auslösender Faktor dieses Schmerzes noch nicht gefunden. Biomechanische Publikationen beschreiben dazu mehrere Faktoren die in dieser Arbeit überprüft wurden.

Methode:
Insgesamt 44 Probanden, hauptsächlich Läufer und Läuferinnen wurden ausgemessen (20 Probanden der Kontrollgruppe, zweimal gemessen; 24 Patienten davon 10 zweimal erfasst). Die Probanden wurden mit Hautmarkern bestückt und die Testbewegungen (Gehen, Laufen, Treppenauf- und Treppenabsteigen) von 12 Kameras eines VICON MX Systems (VICON Oxford Metrix, Oxford UK) erfasst. Für die Bestimmung der Gelenks-zentren an der Hüfte, Knie und Fussgelenk wurden eigens neue Bewegungen und Berechnungen für eine individuelle Anwendung entwickelt. Die Muskelaktivität wurde von den wichtigsten Muskeln der unteren Extremitäten abgeleitet (EMG).

Schlussfolgerungen:
Die wichtigsten Resultate der vorliegenden Arbeit werden wie folgt zusammengefasst:

- Signifikante Unterschiede der Tibia-Innenrotation der weiblichen PFPS-Patienten im Vergleich zu den männlichen bestätigen die Beobachtung der allgemeinen grösseren Bewegungsumfänge von Frauen und den Zusammenhang zu gehäufterem Auftreten von PFPS.
- Männer der PFPS-Gruppe weisen tendenziell grössere Bewegungsumfänge in der Hüftinnenrotation auf als die Männer der Kontrollgruppe. Dieser neue Mess-Parameter zeigt auf, dass die Bewegungskette von Fuss bis zur Hüfte im Zusammenhang mit PFPS stehen könnte.
- Die Aktivitätsmuster der Oberschenkelmuskulatur (Vastus medialis und lateralis) zeigen zwischen der Kontrollgruppe und Patienten keine signifikanten Unterschiede, obwohl bisherige Arbeiten die Meinung vertreten haben, dass bei einer zeitlich früheren Aktivität des Vastus lateralis gegenüber dem medialis der patellofemorale Schmerz ausgelöst werden könnte. Interessanterweise scheint aber das Tragen von Schuhen und Schuh-einlagen die Muskelaktivität dieser Muskeln im Sinne einer späteren Aktivierung des Vastus medials im Vergleich zu Barfusslaufen zu beeinflussen.
- Die bisher in der Literatur geäusserte Vermutung, dass PFPS-Patienten einen erhöhten Bewegungsumfang bei der Rückfuss-Eversion aufweisen, lässt sich nur unter Vorbehalt bestätigen.

Phone: +41-44-633 62 18 Fax: +41-44-633 11 24 astacoff@ethz.ch www.biomech.ethz.ch

- Vorfussläufer weisen, verglichen mit Rückfussläufern, einen grösseren Bewegungsumfang der Rückfuss-Eversion, und der Abduktion sowie ein späteres Timing der Knieflexion auf. Diese Resultate liefern einen Hinweis auf eine unterschiedliche zeitliche Kopplung von Vor- und Rückfussläufern der Bewegungen des Rückfusses, der Tibia und des Kniegelenks.
- Mit Test und Retest wurde an gesunden Probanden die sog. „Day-to-Day" Variabilität charakterisiert unter der Berücksichtigung der Messgenauigkeit des Messsystems. Die Resultate zeigen, dass selbst bei gesunden Probanden eine mittlere Variabilität in der Grössenordung von 2°-4° bei Bewegungsumfängen an den Sprunggelenken, am Knie und an der Hüfte beachtet werden muss. Diese Resultate werden dazu dienen die Patientendaten mit der nötigen Vorsicht zu interpretieren.

Fazit der Projektes

Die bisherigen Resultate dieser Arbeit lassen den Schluss zu, dass die mögliche Ursache von PFPS nicht in einem einzelnen auslösenden Faktor zu finden ist, wie in der relevanten Literatur bisher oft zu finden ist. Vielmehr scheint die ganze Kette der Bewegungen vom Fuss bis zur Hüfte mit den dazugehörigen Muskelaktivitäten und Gelenksstabilitäten in Kombination in Betracht zu ziehen sein. Dazu spielen individuelle Unterschiede ebenso eine wesentliche Rolle:

Beispiel: Die Ursache der PFPS kann Schmerzen beim einen Patienten z.B. in einer Kombination von ungenügendem Schuhwerk, Instabilität am Sprunggelenk und grossen Bewegungsumfang in der Tibiarotation liegen, bei einem anderen Patienten bei einer grösseren Hüftrotation und einem ungeschickten Timing zwischen der Eversion des Fusses und der Knieflexion, etc.

Zusätzliche Erkenntnisse aus dem Projekt:

- Die von den Probanden durchgeführten Test-Bewegungen in den Sprung-, Knie- und Hüftgelenk erlauben die individuelle Definition des Rotationszentrums im Rückfussbereich (OSG/USG) und der Hüfte, sowie der Definition der Knieachse. Dies stellt eine markante Verbesserung des bisherigen Analyseverfahrens dar, basierend auf der so genannten „Cluster" Methode, was dem heutigen Stand für Ganganalysen entspricht.
- Die gemessenen Versuchbedingungen (Gehen, Treppensteigen auf und ab, Laufen, Laufen mit Schuhen, Laufen mit Schuhen und Schuheinlagen) mit jeweils 10 gültigen Versuchen mit gleichzeitigem Erfassen der Kinematik (Bewegung), Kinetik (Kräfte) und der Muskelaktivität (8 Muskeln pro Bein) ergibt ein Datenvolumen, das in weitere Publikationen verarbeitet werden wird.

Dieses Projekt hat folglich dazu geführt für Probanden mit und ohne PFPS neue Methoden, Messparameter und Möglichkeiten der Interpretationen zu entwickeln.

Liste der fertig gestellten Arbeiten:

Bachmann, C. Reliabilität kinematischer Parameter der unteren Extremitäten. Diplomarbeit zur Erlangung des Diploms als Dipl. Natw. ETH Zürich, 2006.

Gilgen, M., Geeignete kinematische Parameter zur Beschreibung des patellofemoralen Schmerzsyndroms. Diplomarbeit zur Erlangung des Diploms als Dipl. Natw. ETH Zürich, 2005.

Gross, T., Keiser, C., Strübi, A., Situationsanalyse der Kniebeschwerden im Schweizer Laufsport. Diplomarbeit zur Erlangung des Eidg. Turn- und Sportlehrerdiploms II, Fachbereich Biomechanik. ETH Zürich, 2004.

Hess Y. Vergleich kinematischer Parameter bei Probanden mit patellofemoralem Schmerz-syndrom. Arbeit zur Erlangung des Master of Sciene ETH in Bewegungswissenschaften (MSc ETH Bew.-wiss). Geplanter Abschluss Juli, 2007

Husa, J. Kinematic Characteristics and differences between healthy athletes and patients with patellofemoral pain syndrome. Thesis for the fulfillment of the degree of Master at the University of Kuopio, Finland, 2006.

Isenegger, U. Vergleich kinematischer Parameter zwischen Probanden mit und ohne patellofemoralem Schmerzsyndrome. Diplomarbeit zur Erlangung des Diploms als Dipl. Natw. ETH Zürich, 2007. Geplanter Abschluss Juni, 2007.

Kryenbühl, C. Koordinationsverhältnisse der Vasti bei Probanden mit PFPS und ohne PFPS. Diplomarbeit zur Erlangung des Diploms als Dipl. Natw. ETH Zürich, 2007.

List, R. A Hybrid Marker Set for Future Basic Research and Instrumented Gait Analysis at the Laboratory for Biomechanics. In partial fulfillment of the requirements for the diploma as Dipl. Natw. ETH Zürich, 2005.

Unternährer, S. Entwicklung eines Markersets für Rückfuss und Vorfuss. Diplomarbeit zur Erlangung des Diploms als Dipl. Natw. ETH Zürich, 2005.

Wolf, P. Tarsal Kinematics. Supervision by Dr. A. Stacoff. Accepted on the recommendation of Prof. Dr. E. Stüssi, Prof. Dr. D. Howard and Prof. Dr. R. Riener, Diss ETH No. 16680, 2006.

Vorträge, Proceedings, Poster:

List, R., Unternährer, S., Stacoff, A., Ukelo, T., Stüssi, E. Two-segment foot kinematics during running. In: Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics, Munich, Journal of Biomechanics, 39, S550, 2006.

Wolf, P. Biomechanische Messverfahren und Messgrössen im Hinblick auf das patellofemorale Schmerzsyndrom. Vortrag gehalten am Biomechanik-Symposium Tübingen.27.4.2007.

Stacoff, A., Bachmann, C., List, R., Ukelo, T., Stüssi, E., Wolf, P. Day-to-day variability of kinematic variables in running. Proceedings of the 8th Footwear Biomechanics Symposium in Taipei, Taiwan, June 2007.

Publikation in Vorbereitung:

Wolf, P., Ukelo, T., Denoth, J., Stüssi, E., Wolf, P. Stacoff, A. Reliability of lower extremity kinematics during walking, running, and stair climbing.