

Das weibliche Knie im Alpinen Skilauf

Ergebnisse des Frauen-Pow[d]er Projektes



Ein gemeinsames Projekt
des
Österreichischen Skiverbandes

und des
**Instituts für Sportwissenschaft
der Universität Innsbruck**



G Ruedl¹, M Flatz¹, R Sommersacher², T Woldrich², H Gatterer¹, B Hotter¹, W
Nachbauer¹, M Burtscher¹

¹Institut für Sportwissenschaften Innsbruck

²Österreichischer Skiverband

Einleitung

Der alpine Skilauf ist die weltweit populärste Wintersportart. Allein in Österreich befahren jährlich 8 Millionen Skiläufer die vorhandenen Skipisten. Dies bedeutet jährlich 500 Millionen Beförderungen mit Skiliften und Seilbahnen (Burtscher et al. 2000; Burtscher/Nachbauer 1999). Mit dem starken Interesse Einheimischer und Touristen am alpinen Skilauf steigt auch die Anzahl skilaufbedingter Verletzungen. Während sich die Gesamtzahl der Skiverletzungen in den letzten 30 Jahren verringerte, nahm die Anzahl schwerer Knieverletzungen dramatisch zu (Natri et al. 1999; Maes et al. 2002; Burtscher et al. 2003). Besonders Frauen scheinen anfällig für Knieverletzungen zu sein. Sie weisen beim Skifahren ein fast doppelt so hohes Risiko einer Knieverletzung wie Männer auf (Ekeland et al. 2003).

Inwieweit sich innovative Neuerungen der letzten Jahre wie das Einführen von Carvingskier, komfortablere Skischuhe und verbesserte Bindungssysteme auf das Verletzungsrisiko bzw. auf die geschlechtsspezifische Verteilung von Knieverletzungen auswirken, ist weitgehend ungeklärt. Ebenso gibt es wenige Informationen über Auswirkungen präventiver Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos einer Knieverletzung bei Skiläuferinnen. Deshalb verglichen wir die Verletzungsarten vor und nach Einführung der Carvingskier und führten ein Projekt zur Vorbeugung von Knieverletzungen bei Skiläuferinnen durch.

Methode

Die erste Skiunfallerhebung wurde in 70 österreichischen Skigebieten zu einem Zeitpunkt durchgeführt, als Carvingskier erstmal am Skimarkt erschienen (1997/1998). Wir wiederholten diese Untersuchung fünf Jahre später (2002/2003) in fünf repräsentativen Skigebieten, als ein Großteil der Skiläufer bereits auf Carvingskier umgestiegen war.

Mit dieser Skiunfallerhebung wurden neben Daten zum Unfallhergang bzw. zur Unfallsursache auch Daten zur Person, Pistenbeschaffenheit (Schneeverhältnisse, Pistenbreite), Witterung, Höhenlage sowie zur Art der Skier (herkömmliche Ski bzw. Carvingski) erhoben. Erfasst wurden alle verletzten Skiläufer, die durch die Pistenrettung bzw. mit dem Hubschrauber abtransportiert wurden.

In einem weiterführenden Projekt wurden 2004/2005 im Skigebiet Sölden die Auswirkungen präventiver Maßnahmen im Rahmen der Aktion „Frauen pow(d)er, Sicher am Ski“ auf das Risiko von Knieverletzungen bei Frauen untersucht. Mittels Folder und Hotel-TV wurden wichtige Informationen über warme Skibekleidung, Skigymnastik und jährliche Bindungseinstellung an die Skiläufer vermittelt.

Ergebnisse

In der Saison 1997/1998 wurden in den 70 österreichischen Skigebieten insgesamt 17,914 Skiverletzungen erfasst, wobei 48% der Verletzten Männer und 52% Frauen waren. Pro ca. 22,000 Personenbeförderungen wurde ein verletzter Skifahrer abtransportiert. Zu diesem Zeitpunkt benützen 95% der Skifahrer traditionelle Ski und nur 5% Carvingski.

Während sich 29,5% der Männer am Knie verletzten, zogen sich 52% der Frauen eine Knieverletzung zu!

In der Wintersaison 2002/2003 benutzten bereits mehr als 60% der erfassten Verletzten Carvingskier. Pro ca. 24,500 Personenbeförderungen musste ein verletzter Skifahrer von der Pistenrettung bzw. vom Hubschrauber abtransportiert werden. 27,9 % der Männer und 51% der Frauen zogen sich dabei Knieverletzungen zu.

Die Odds Ratios (relative Chance) zeigen bei traditionellen Skiern keine signifikanten Unterschiede zwischen aktuell (< 1 Jahr) und nicht aktuell (> 1 Jahr) eingestellter Bindung auf. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei Carvingskiern ein um das 1,8fach erhöhte Risiko einer Knieverletzung für Frauen, deren Bindungseinstellung vor mehr als einem Jahr erfolgte.

2004/2005 erfolgte im Skigebiet Sölden ein Abtransport pro ca. 30,000 Beförderungen, wobei die absolute Reduktion der Verletzungen Männer und Frauen in ähnlicher Weise betrifft. Während sich in der Saison 2002/2003 in diesem Skigebiet insgesamt 27% der Männer und 56% der Frauen am Knie verletzten, waren dies in der Saison 2004/2005 nach absolvierter Präventivkampagne 26% (-4%) der Männer und nur mehr 47% (-16%!!) der Frauen (Abb. 1).

Diskussion

Obwohl sich die Gesamtzahl der Verletzungen durch die Einführung von Carvingskiern, komfortablen Skischuhen und High-Tech-Bindungen während der letzten Jahre um 10% reduzierte, blieb die Häufigkeit von Knieverletzungen hoch.

Bei Frauen über 14 Jahre betreffen mehr als 50% aller Skiverletzungen das Kniegelenk, unabhängig ob mit traditionellen Ski oder Carvingski gefahren wird!! Auch aus anderen Sportarten ist bekannt, dass Frauen ein 4-6fach höheres Risiko einer vorderen Kreuzbandverletzung als Männer aufweisen, die dieselbe Sportart auf demselben Leistungsniveau ausführen (Hewett 2000). Diese geschlechtsspezifischen Differenzen werden auf unterschiedliche anatomische, neuromuskuläre und hormonelle Faktoren zwischen Männer und Frauen zurückgeführt (Hewett 2000; Hutchinson/Ireland 1995). Anatomisch unterscheiden sich Frauen von Männern u.a. durch ein breiteres Becken und somit durch einen im Durchschnitt größeren Quadriceps-Winkel. Diese anatomisch bedingte Valgus-Stellung im Knie und somit verminderte Kniestabilität wird mit einem erhöhten Verletzungsrisiko des Vorderen Kreuzbandes in Verbindung gebracht (Abb. 2). Zudem

scheinen Form und Größe der interkondylaren Furche im Kniegelenk Einfluss auf Knieverletzungen auszuüben (Abb. 3, Boden et al. 2000).

Ungenügende Krafftfähigkeiten der Beinbeuger im Verhältnis zur Beinstreckmuskulatur gelten als Prädiktoren für Rupturen des vorderen Kreuzbandes im Knie (Rosene et al. 2001). Ahmad et al. (2006) zeigen, dass die Quadriceps-Kraft bei weiblichen Athleten nach der Menarche deutlich stärker ansteigt als die Krafftfähigkeiten der Beinbeugemuskulatur. Dadurch entsteht ein ungünstiges Beuger-Strecker-Verhältnis in der Beinmuskulatur, welches das Verletzungsrisiko am Kniegelenk begünstigt (Ahmad et al. 2006).

Als Präventivmaßnahmen werden in der Literatur Kraft- und Propriozeptionstraining sowie der Gebrauch von Hormonpräparaten (Antibabypille) empfohlen, wodurch eine Reduktion des Risikos von Knieverletzungen bei Frauen erreicht werden kann (Hewett et al. 2005).

Betrachtet man die hormonellen Faktoren, so zeigt sich, dass beim alpinen Skilauf die Wahrscheinlichkeit einer Knieverletzung bei Frauen nicht konstant über den gesamten Menstruationszyklus verteilt ist. Vielmehr besteht ein höheres Risiko einer Kreuzbandverletzung in dem zeitlichen Abschnitt vor dem Eisprung, wie eine aktuelle amerikanische Studie zeigt (Beynon et al. 2006). Es wird vermutet, dass die Östrogen-Konzentration während des Zyklus mit der Verletzungsanfälligkeit in Zusammenhang steht. Dem Hormon Östrogen, das auch über Rezeptoren am Vorderen Kreuzband verfügt, wird eine erschlaffende Wirkung auf Bänder nachgesagt (Liu et al. 1997).

Ein bedeutendes Ergebnis unserer Studie in der Saison 2003/2004 zeigt, dass mit einer erst in jüngerer Zeit erfolgten Bindungseinstellung (< 1 Jahr) das Risiko einer Knieverletzung bei weiblichen Carvingskifahrerinnen um das 1,8fache niedriger ist als bei jenen, deren Bindungseinstellung älter als ein Jahr war. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei Frauen und Männern mit traditionellen Skiern sowie bei Männern auf Carvingskiern keine Abhängigkeit des Verletzungsrisikos vom Zeitpunkt der Bindungseinstellung.

Nicht neu ist die Erkenntnis, dass eine aktuelle Bindungseinstellung das Verletzungsrisiko reduziert. 1989 unterteilte Hauser 1150 Skifahrer zufällig in zwei Gruppen. Bei einer Gruppe wurden die Bindungen neu eingestellt, bei der anderen Gruppe nicht. Die Zahl der Knieverletzungen war bei der Gruppe mit den neu eingestellten Bindungen signifikant geringer als bei der Vergleichsgruppe.

Es stellt sich die Frage, warum gerade bei Frauen mit Carvingskiern das Verletzungsrisiko erhöht ist? Carvingskier erlauben aufgrund der breiteren Skischaufel, der engen Taillierung und scharfer Kanten geschnittene Schwünge. Im Gegensatz dazu wird mit traditionellen Skiern der Schwung mehr angerutscht. Beim Carven besteht eine erhöhte Gefahr, dass sich die Skischaufel im Schnee fängt, woraus vorwärts Drehstürze resultieren.

Um Knieverletzungen beim Skifahren vorzubeugen, muss der standardisierte Auslösemechanismus der Skibindung geringer als die einwirkenden Kräfte im Kniegelenk sein. Kraftmessungen am Kniegelenk unter axialer Belastung zeigen ein weites Spektrum in Abhängigkeit der Körperposition, des Alters und Geschlechts [Piziali et al. 1982, Shoemaker et al. 1982, Oshimo et al. 1983]. Die Bindungseinstellungen erfolgen nach Standards, die in vielen Fällen das Körpergewicht berücksichtigen. Das Verhältnis Körpergewicht zur Kraft ist jedoch bei der Frau durch den höheren prozentualen Fettanteil negativ beeinflusst [Sinning et al. 1985]. Es wird daher spekuliert, dass die internationalen Standards für Bindungseinstellungen [International Organization for Standardization 2004] die großen Differenzen zwischen weiblicher und männlicher Krafftähigkeiten zu wenig berücksichtigen.

Die Erkenntnis der Wichtigkeit einer aktuellen Bindungseinstellung und die hohe Zahl an weiblichen Knieverletzungen veranlasste uns, im Skigebiet Sölden in der Saison 2004/2005 die Präventivkampagne „Frauen pow(d)er, Sicher am Ski“ für Skiläuferinnen zu starten. In Zusammenarbeit mit dem ÖSV, Blizzard, Fischer, Atomic, therm-ic, Uniqua und dem Skigebiet Sölden wurden Tipps zum Aufwärmen und für die passende Ausrüstung über den Sölden-Videokanal sowie über Werbefolder und Plakate verbreitet. Ein wesentliches Angebot dieser Kampagne war eine kostengünstige Einstellung der Skibindungen für Frauen (Euro 7 statt 14) in den ortsansässigen Sportgeschäften. Während der Prozentsatz an männlichen Knieverletzungen zwischen den Untersuchungen 2002/2003 und 2004/2005 annähernd gleich blieb (27 bzw. 26%), konnte bei den Frauen eine Reduktion des Risikos einer Knieverletzung um 16% erreicht werden. Auf ganz Österreich aufgerechnet würde dies bei Frauen 3200 Knieverletzungen weniger bedeuten! Könnte die Anzahl der weiblichen Knieverletzungen mittels geeigneter Präventivmaßnahmen auf den Prozentsatz der Männer reduziert werden, würden allein in Österreich mehr als 10,000 Knieverletzungen jährlich verhindert werden.

Dieses Ergebnis ist neben dem gesundheitlichen Aspekt auch aus volkswirtschaftlicher Sicht bedeutend. Die Kosten für eine operative Rekonstruktion der Kreuzbänder im Knie belaufen sich laut einer Studie aus den USA auf Euro 5400,- - 6200,- (Bonsell 2000). Bei 10,000 Knieverletzungen weniger, könnten Gesamtkosten von ca. 62 Mio. Euro eingespart werden. In Österreich verursacht der alpine Skilauf aufgrund der hohen Zahl der Ausübenden ein Drittel aller Behandlungskosten von Sportunfällen. Die medizinische Behandlungs- und Rehabilitationskosten nach Skiunfällen betragen 1998 ca. 2,3 Mio. Euro. Werden Kosten für Krankenstand, Invalidität und Unfalltod summiert, so kommt man auf ein Gesamtvolumen von 102 Mio. Euro (Weiss 1999).

Das Ergebnis der Söldenstudie lässt allerdings offen, wie groß der Anteil externaler Faktoren wie Bindungseinstellung und Skiausrüstung bzw. internaler Faktoren wie Krafftfähigkeiten der Beinbeuger, allgemeines konditionelles Leistungsvermögen, Aufwärmen etc. an der Reduzierung des Verletzungsrisikos bei Frauen ist.

Während anatomische und hormonelle Faktoren kaum beeinflussbar sind, können neuromuskuläre Defizite mit gezieltem Training ausgebessert werden. Studien (Hewett et al. 2005) zeigen eine signifikante Reduzierung von Knieverletzungen nach Stabilisationstraining, Sprungkrafttraining bzw. Kräftigung der Beinbeugemuskulatur in verschiedenen Sportarten.

Schlussfolgerung

Die Einführung der Carvingskier, komfortabler Skischuhen und High-tech-Bindungen reduzierte zwar die Gesamtzahl schwerer Skiverletzungen, die Anzahl der Knieverletzungen, im Speziellen bei Frauen, blieb jedoch konstant hoch. Im alpinen Skilauf ist das weibliche Knie aufgrund anatomischer, neuromuskulärer und hormoneller Dispositionen besonders verletzungsgefährdet. Um das Verletzungsrisiko zu verringern, werden neben einer adäquaten Skiausrüstung (u.a. geeignete Wärmebekleidung) eine jährliche Bindungseinstellung vom Spezialisten sowie ein vorbereitendes Konditionstraining (Skigymnastik, Stabilisationstraining) auf die kommende Wintersaison empfohlen. Zusätzlich soll auf ein ausreichendes Aufwärmen der Arme und Beine vor der ersten Abfahrt geachtet werden!

Zusätzliche Literatur:

1. Burtscher M, Pachinger O, Mittleman MA, *et al.* Prior myocardial infarction is the major risk factor associated with sudden cardiac death during downhill skiing. *Int J Sports Med* 2000;**21**:613-615.
2. Burtscher M, Nachbauer W. Injury risk of austrian skiers and comparison of the injury pattern of traditional and carving skiers (german). In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. *Sicherheit im Bergland*. Innsbruck 1999:107-115.
3. Natri A, Beynon BD, Ettlinger CF, *et al.* Alpine ski bindings and injuries: Current findings. *Sports Med* 1999;**28**:35-48.
4. Maes R, Andrienne Y, Remy P. Increasing incidence of knee ligament injuries in alpine skiing: epidemiology and etiopathogenetic hypotheses. *Rev Med Brux* 2002;**23**:87-91.
5. Burtscher M, Flatz M, Sommersacher R, *et al.* Österreichische Skiunfallerhebung in der Wintersaison 2002/03, In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. *Sicherheit im Bergland*. Innsbruck 2003:83-91.
6. Ekeland A, Sulheim S, Rodven A. Injuries in Norwegian ski resorts 2000 – 2002 [abstract]. In: Abstractbook of the 15th International Congress on Skiing Trauma and Safety. Switzerland 2003:E1-3.
7. Hewett ET. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports Med* 2000;**29**:313-327
8. Hutchinson MR, Ireland ML. Knee injuries in female athletes. *Sports Med* 1995;**19**:288-302.
9. Boden BP, Griffin LG, Garrett, WE. Jr. Etiology and prevention of noncontact ACL injury. *The physician and sports medicine* 2000;**28**
10. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings:quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training* 2001;**36**:378-383
11. Ahmad CS, Clark AM, Heilman N, *et al.* Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament injury.
Am J Sports Med 2006;**34**:370-374.

12. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *J Knee Surg* 2005;**18**:82-88.
13. Beynonn BD, Johnson RJ, Braun S, Sargent M. The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury. A case-control study of recreational alpine skiers. *Am J Sports Med* 2006;**34**:1-8
14. Liu SH, AL-Shaik RA, Panossian V, Finerman GA, Lane JM. Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury. *Am J Sports Med* 1997;**25**:704-709
15. Piziali RL, Nagel DA, Koogle T, *et al.* Knee and tibia strength in snow skiing. In: Hauser W, Karlsson J, Magi M, eds. *Skiing Trauma and Safety IV*. Munich 1982:24-31.
16. Shoemaker SC, Markolf KL. In vivo rotatory knee stability. Ligamentous and muscular contributions. *J Bone Joint Surg Am* 1982;**65**:208-216.
17. Oshimo TA, Greene TA, Jensen GM, *et al.* The effect of varied hip angles on the generation of internal tibial rotary torque. *Med Sci Sports Exerc* 1983;**15**:529-534.
18. Sinning WE. Body composition and athletic performance. In: Clarke DH, Eckert HM, eds. *Limits of human performance. The academy papers*. Champaign 1985:45-56.
19. International Organization for Standardization. Assembly, adjustment and inspection of an alpine ski/binding/boot (S-B-B) system, ISO 11088, Geneva (2004).
20. Bonsell S. Financial analysis of anterior cruciate ligament reconstruction at Baylor University Medical Center. *BUMC Proceedings* 2000;**13**:327-330
21. Weiss O, *et al.* Sport und Gesundheit. Die Auswirkungen des Sports auf die Gesundheit – eine sozioökonomische Analyse 1999
22. Huston LJ, Greefield ML, Wojtys EM. Anterior cruciate ligament Injuries in the female athlete. *Clinical Orthopaedics and related Research* 2000;**372**:50-63
23. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med* 2006;**34**:299-311.

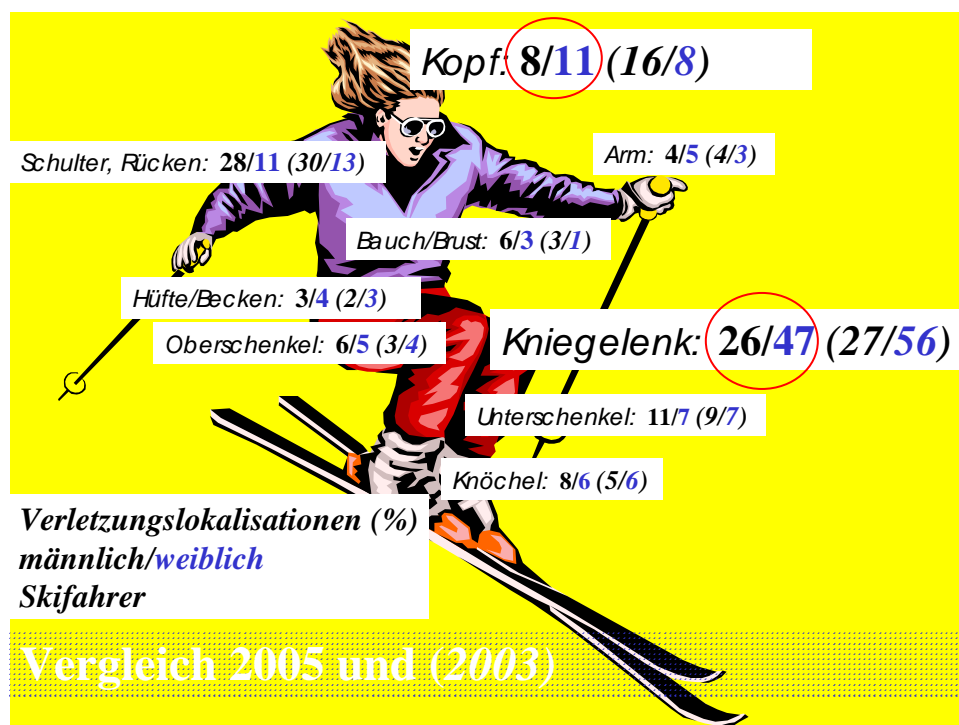


Abb.1: Häufigkeit betroffener Verletzungslokalisationen männlicher und weiblicher Skifahrer im Skigebiet des „Frauen Pow(d)er Präventionsprojektes“ in der Saison der präventiven Intervention (2005) und 2 Jahre früher ohne Intervention (2003).

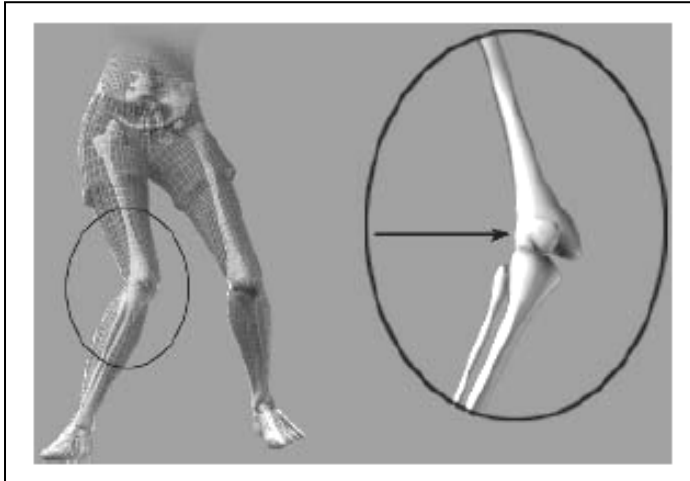


Abb.2: Die dynamische Valgus Stellung im Knie wird bei der bei der Frau durch ein breites Becken verstärkt. Die dadurch verminderte Kniestabilität erhöht das Risiko einer Knieverletzung (aus: Hewett et al. 2006)

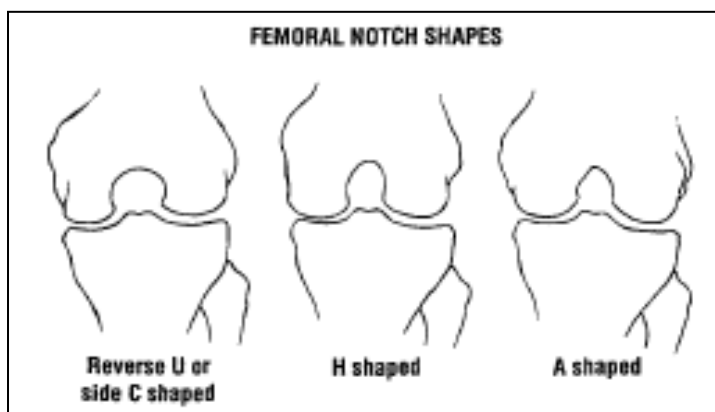


Abb. 3: Verschiedene Formen (U, H, A) der interkondylaren Furche des Oberschenkelknochens (femoral notch; aus Huston et al. 2000, S. 52)