

Ruedl G¹, Schranz A², Fink C³, Woldrich T⁴, Sommersacher R⁴, Nachbauer W¹, Burtscher M¹

Kniewerletzungen bei Frauen im Freizeitskilaufl – Risikofaktoren und Präventivmaßnahmen im Überblick

Knee Injuries in Female Recreational Alpine Skiing – an Overview of Risk Factors and Prevention

¹Institut für Sportwissenschaft, Innsbruck

²medalp sportclinic sölden - imst

³Sportsclinic Austria, Innsbruck

⁴Österreichischer Skiverband, Innsbruck

ZUSAMMENFASSUNG

Der alpine Skilaufl ist eine der beliebtesten Freizeitaktivitäten im Winter. Die Österreichischen Alpen werden jährlich von rund acht Millionen Skiläufern besucht, wobei über 500 Millionen Lifltransporte erfolgen. Mit dieser hohen Zahl an Sportausübenden sind natürlich auch viele skilauflbedingte Verletzungen verbunden. Allerdings ist die durchschnittliche Verletzungsrate mit unter 2 Verletzten pro 1000 Personenskitage relativ niedrig. Epidemiologische Studien zeigen, dass das Knie die dominante Verletzungslokalisation mit etwa einem Drittel aller Verletzungen im Skilaufl darstellt, wobei bei ca. 50% der schweren Kniewerletzungen das vordere Kreuzband betroffen ist. Zusätzlich gibt es deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede in der Kniewerletzungsrate. Frauen erleiden doppelt so häufig Kniewerletzungen und ziehen sich 3-fach so oft eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes zu wie Männer. Die Ursachen dafür werden in unterschiedlichen internalen und externalen Risikofaktoren gesehen. Internale Faktoren beinhalten u.a. Alter, Menstruationsphase und körperliche Fitness. Studien zeigen, dass Frauen mit einer Kniewerletzung älter als Frauen mit anderen Skiverletzungen sind, sich das vordere Kreuzband eher in der Zeit vor der Ovulation verletzen und eine schlechtere Fitness aufweisen. Externale Faktoren beinhalten u.a. den Skityp, das Alter der Bindungseinstellung sowie Pisten- und Wetterbedingungen. So erhöhen eine nicht aktuell eingestellte Bindung, eisige Pistenbedingungen und schlechte Sichtbedingungen das Kniewerletzungsrisiko bei Frauen. Sinnvolle Präventivmassnahmen zur Reduzierung der Kniewerletzungsrate bei Frauen müssen daher interne und externe Risikofaktoren gleichermaßen berücksichtigen.

Schlüsselwörter: Alpiner Skilaufl, Kniewerletzung, vorderes Kreuzband, Risikofaktoren, Prävention

EINLEITUNG

Der alpine Skilaufl stellt eine der beliebtesten Freizeitaktivitäten im Winter dar. Weltweit fahren mehr als 200 Millionen Menschen Ski (31). Die Österreichischen Alpen werden jährlich von rund acht Millionen Skiläufern besucht, wobei über 500 Millionen Lifltransporte erfolgen (9,10). Mit dieser hohen Zahl an Sportausübenden sind natürlich auch skilauflbedingte Verletzungen verbunden. Die durchschnittliche Verletzungsrate in Österreich bzw. Europa und Amerika liegt zwischen 1,3 und 2,6 Verletzten pro 1000 Personenskitage (3,4,7,8,12).

SUMMARY

Alpine skiing is one of the most popular recreational winter sports. About 8 million downhill skiers and snow boarders alone visit the Austrian Alps annually and complete more than 500 million ski lift transports. With the high interest in alpine skiing by locals and tourists, there is a natural increase in the number of ski-related injuries. However, the average injury rate is relatively low (< 2.0 injured persons per 1000 skier days). In alpine skiing the knee represents the dominant anatomical location of injuries. Epidemiological data demonstrate that knee injuries account for one third of all injuries in adult skiers. Approximately 50% of serious knee injuries in alpine skiing affect the anterior cruciate ligament (ACL). However, female recreational skiers have a 3-fold higher risk to sustain an ACL injury than male skiers. This difference may be related to external and internal risk factors, e.g. age, menstrual cycle phase, and fitness. Studies indicate higher age and the preovulatory phase to put female skiers at an increased risk for ACL injury. Additionally, the fitness level of female skiers with knee injury seems to be lower when compared to females suffering from other injuries. External risk factors are related to skiing equipment and environmental factors. Using a not newly adjusted binding, icy slope conditions, and bad weather conditions increase the risk of knee injury in female skiers. Therefore, preventive recommendations have to consider both, internal and external risk factors.

Key words: alpine skiing, knee injury, ACL, risk factors, prevention

Obwohl im Verlauf der letzten Jahrzehnte eine deutliche Reduzierung der Verletzungsrate von 5-8 auf 1-2 pro 1000 Personenskitage erfolgte, stieg die Anzahl an schweren Kniewerletzungen im selben Zeitintervall dramatisch (5,33). Vor Einführung der selbst auslösenden Sicherheitsbindungen waren Brüche des Unterschenkels die häufigste Art der Verletzung im alpinen Skilaufl (24). Heute stellt das Knie mit rund einem Drittel aller Verletzungen die dominante Verletzungslokalisation dar (8,16). Dabei zeigen sich deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede. Frauen verletzten sich am Knie etwa doppelt so häufig wie Männer (8). In Österreich betrifft annähernd jeder 2. Skiunfall einer Frau, der einen Abtransport

benötigt, das Kniegelenk (7,8,41). Bei ca. 50% der schweren Knieverletzungen im alpinen Skilauf ist das vordere Kreuzband (VKB) betroffen (36), welches sich Frauen um das 3-fache häufiger verletzen als Männer (5,44). Diese Geschlechtsdifferenz in der Verletzungshäufigkeit des VKB ist auch aus anderen Sportarten bekannt (22,35,47).

In bisherigen Übersichtsarbeiten zu diesem Thema (33,36) ist jedoch der mögliche Einfluss der Carvingski (8,11,25,27,30) auf die Knieverletzungen noch nicht berücksichtigt. Ziel dieser Arbeit ist es daher aufbauend auf bisherigen Übersichtsarbeiten (33,36), (1) potentielle Risikofaktoren darzustellen, die das Knieverletzungsrisiko bei Frauen im Skilauf beeinflussen und (2) darauf aufbauend konkrete Maßnahmen zur Verletzungsprävention vorzuschlagen.

RISIKOFAKTOREN

Für die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Verletzungsrate des VKB liegen verschiedene Erklärungsansätze vor, wobei generell internale und externale Risikofaktoren unterschieden werden (2,14,20). Internale Faktoren inkludieren u.a. Alter, Geschlecht, Phase des Menstruationszyklus, frühere Verletzungen, Skikönnen, Fitness (2,20). Im Besonderen werden differierende anatomische, neuromuskuläre und hormonelle Faktoren zwischen Männer und Frauen angeführt (20). Externale Faktoren beinhalten im alpinen Skilauf Ausrüstung (Ski, Bindung) und Umweltfaktoren wie Schnee-, Pisten- und Wetterbedingungen (4,15,18). Da es unseres Wissens bis dato keine skispezifischen Studien gibt, die anatomische und neuromuskuläre Risikofaktoren zwischen VKB-verletzten Frauen und Männern vergleichen, wird für eine allgemeine Übersicht auf den Beitrag von Petersen et al. (35) in dieser Zeitschrift verwiesen.

INTERNALE RISIKOFAKTOREN

Das Alter scheint im Skilauf einen Einfluss auf die Knieverletzungsrate bei Frauen zu haben, wie eine aktuelle Studie zeigt (11). Frauen mit Knieverletzungen weisen ein signifikant höheres Durchschnittsalter auf als Frauen mit anderen Verletzungslokalisationen (11). Im Gegensatz dazu sind männliche Skifahrer mit Knieverletzungen jünger als Männer mit anderen Skiverletzungen (11).

Hinsichtlich hormoneller Unterschiede lassen neuere Studien einen Einfluss weiblicher Hormone auf die Knieverletzungsrate im alpinen Skilauf vermuten (6,8,38). Freizeitskiläuferinnen, die älter als 14 und jünger als 60 Jahre sind, also im Zeitintervall von der Maturität bis zur Menopause, unterliegen einem höheren Knieverletzungsrisiko als Männer der vergleichbaren Altersgruppen (8). Ruedl et al. (38) zeigten, dass die Wahrscheinlichkeit einer VKB-Verletzung vor dem Eissprung fast doppelt so hoch ist wie danach. Eine amerikanische Studie berichtet sogar von einer dreifach erhöhten Wahrscheinlichkeit einer VKB-Ruptur in der Zeit vor dem Eissprung (6). Dieser Einfluss der Menstruationsphase auf die Häufigkeit von VKB-Verletzungen wird auch von Untersuchungen in anderen Sportarten bestätigt (1,22). Auch führt die Einnahme der Antibaby-Pille im Skilauf zu keiner reduzierten Häufigkeit von VKB-Verletzungen (38), wie in einer Studie mit Athleten aus anderen Sportarten vermutet wird (32).

Frühere Knieverletzungen werden generell als Prediktor künftiger VKB-Verletzungen angesehen (21). Oates et al. (34) zeigten,

dass Skiläufer mit einer Bänderverletzung im Kniegelenk ein 6-fach erhöhtes Risiko einer VKB-Verletzung haben als Skiläufer mit intakten Kreuzbändern. Im Gegensatz dazu konnte in der Untersuchung von Ruedl et al. (38) bei Skiläuferinnen mit einer VKB-Ruptur kein Zusammenhang mit früheren Knieverletzungen festgestellt werden.

Studien zeigen, dass Skifahrer mit einem geringeren Skikönnen oder weniger Skierfahrung einem höheren Verletzungsrisiko ausgesetzt sind (19). Dies scheint bei Knieverletzungen nur bedingt zuzutreffen, denn in einer Studie von Urabe et al. (45) waren die meisten Männer und Frauen mit einer VKB-Verletzung fortgeschrittene Skiläufer. Zudem berichten Goulet et al. (17), dass bessere Skiläufer ein höheres Risiko einer schweren Verletzung der unteren Extremität haben als Anfänger.

Um das Verletzungsrisiko zu reduzieren, wird empfohlen vor Beginn der Skisaison ein vorbereitendes Fitnessstraining durchzuführen und bei Ermüdung das Skifahren zu beenden (26). In einer Studie von Burtscher et al. (11) betrieben knieverletzte Skifahrerinnen weniger häufig Sport als Skifahrerinnen mit anderen Verletzungen. Das bedeutet, dass eine bessere Fitness möglicherweise das Knieverletzungsrisiko senken kann. Bezüglich des Einflusses der Ermüdung auf Knieverletzungen von Frauen zeigen Studien unserer Gruppe unerwartete Ergebnisse (11,40). So ziehen sich mehr Frauen am Vormittag als am Nachmittag eine Knieverletzung zu (11). Zudem berichten Ruedl et al. (40), dass sich Frauen mit einer VKB-Ruptur zu 25% innerhalb der ersten Stunde und zu 81% innerhalb der ersten drei Stunden Skifahren verletzten. Dabei scheint die lokale Ermüdung in den Beinen zum Verletzungszeitpunkt eine untergeordnete Rolle zu spielen. In einer Fall-Kontrollstudie (40) gaben knapp 71% der knieverletzten Skiläuferinnen an, zum Zeitpunkt der Verletzung keine oder nur sehr wenig Ermüdung in den Beinen verspürt zu haben. Bei den unverletzten Kontrollpersonen hingegen verspürten nur 27% zum Zeitpunkt der Befragung keine oder nur sehr wenig Ermüdung (Abb. 1). Die Autoren schließen daraus, dass der Ermüdung als Risikofaktor einer VKB-Verletzung bei Skifahrerinnen nur eine geringe Rolle zukommt (40).

EXTERNALE RISIKOFAKTOREN

Externale Risikofaktoren beinhalten hauptsächlich Ausrüstung (Ski, Bindung) und Umweltbedingungen (Wetter, Schnee, Pisten-schwierigkeit). Entgegen früherer Befürchtungen, dass mit der Einführung des Carvingskis die Anzahl an Knieverletzungen steigt (25), zeigen neue Studien, dass der Carvingski einerseits eine Reduktion der Gesamtunfallzahl um 9% bewirkte (8), andererseits treten bei Carvingskifahrern auch signifikant weniger VKB-Rupturen auf als bei Skifahrern mit traditionellen Skiern (27,30). Zudem stellte eine amerikanische Studie eine Reduktion der Verletzungsrate des VKB im letzten Jahrzehnt fest (15), welche möglicherweise auf die Einführung des Carvingskis zurückzuführen ist.

Es wird vermutet, dass 80% der Verletzungen der unteren Extremität ausrüstungsbedingt sind (33). So wirken im Falle eines Sturzes Skier, deren Bindungen nicht auslösen, als Hebelarm, welcher die Dreh- oder Beugebewegung der Beine verstärkt und so zu Verletzungen führt (33). Eine aktuelle und nach z.B. der ISO-Norm eingestellte Sicherheitsbindung darf einerseits während der Fahrt nicht zu Fehlauflösungen führen, andererseits muss die Bindung im Fall eines Sturzes den Fuß freigeben (16). In Deutschland werden über 10% aller beim Skilauf erlittenen Verletzungen auf ein

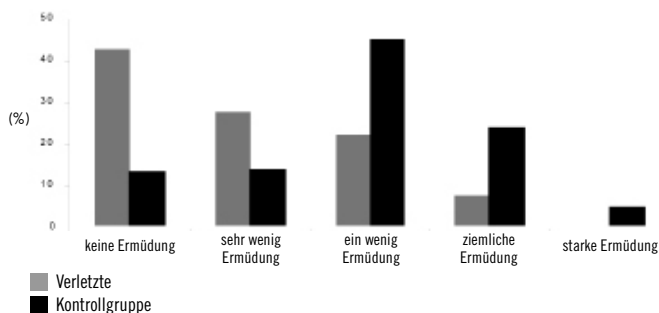


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung des subjektiven Ermüdungsempfindens in den Beinen zum Zeitpunkt der VKB-Verletzung bzw. zum Zeitpunkt der Befragung der unverletzten Kontrollpersonen anhand einer 5-teiligen Likert-Skala.

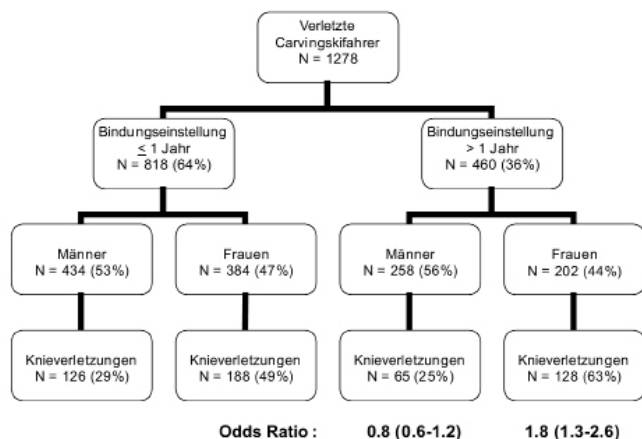


Abbildung 2: Verletzungshäufigkeiten von Carvingskifahrern in Abhängigkeit des Zeitpunktes der letztmaligen Bindungseinstellung (< 1 Jahr und > 1 Jahr). Das Odds Ratio (95% Vertrauensintervall) wurde für Männer und Frauen mit Knieverletzungen in Abhängigkeit der letzten Bindungseinstellung berechnet (Daten aus 8). Zur Erläuterung: Odds Ratios beschreiben die Chance auf eine Erkrankung/Verletzung bei Vorliegen gewisser Risiko- oder Schutzfaktoren.

Nichtauslösen der Skibindung zurückgeführt (16). Dabei zeigen sich deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede. Frauen führen ein Nichtauslösen der Bindung signifikant häufiger als Ursache für eine Verletzung an als Männer (16).

Besonders im Bereich des Kniegelenks führen Bindungen, die nicht auslösen, zu schweren Verletzungen (18,39). In einer eigenen Untersuchung haben bei 85% der VKB-verletzten Skifahrerinnen die Bindungen nicht ausgelöst (39). In einer Studie von Greenwald/Toelcke (18) geben über 88% der Frauen mit einer VKB-Verletzung an, dass sich die Skibindung im Moment des Sturzes nicht gelöst hat. Damit zeigte sich ein signifikanter Unterschied zu den Männern, bei denen sich in 67% der Fälle die Bindung nicht gelöst hat (18).

Moderne Sicherheitsbindungen wurden zwar nicht konzipiert, um Knieverletzungen zu verhindern, sondern um Unterschenkel-frakturen zu vermeiden (33). Dennoch ist der Auslösemechanismus im Zehenbereich der Bindung beim sogenannten Vorwärtsdrehsturz, der häufig zu Knieverletzungen führt (18, 39), in der Lage, den Skischuh freizugeben (23). Es zeigt sich, dass das Auslösen der Bindung in hohem Maße von der Kraft der Oberschenkelmuskulatur abhängt (46). In einer Studie von Werner/Willis (46) waren Kinder, Frauen und Skianfänger weniger in der Lage, eine nach Norm eingestellte Bindung selbst auszulösen. In Frankreich führte die hohe Zahl an Kreuzbandverletzten Frauen zu einer lt. ISO-Norm um 15% reduzierten Bindungseinstellung für Frauen, Männer unter 55 kg und alle Skianfänger (28). Dadurch konnte bei Frauen und Män-

Tabelle 1: Potentielle Risikofaktoren und empfohlene Präventivmassnahmen von Knieverletzungen bei Skifahrerinnen

Risikofaktor	Präventivmassnahmen
Zunehmendes Alter	Skispezifisches vorbereitendes Fitnesstraining
Phase vor dem Eisprung	Aufwärmen
Frühere Knieverletzung	Regelmäßig Pausen einlegen
Mangelnde Fitness	Eine dem Skikönnen angepasste Geschwindigkeit und Fahrweise
Traditionelle Ski	Carvingski
Bindungseinstellung > 1 Jahr	Jährlich aktuelle Bindungseinstellung durch den Fachhandel
Steile Pisten	Adäquate Wärmebekleidung
Kälte	

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung der Verletzungslokalisationen männlicher und weiblicher Skiläufer, die von der Pistenrettung abtransportiert wurden, in der Wintersaison 2003 und 2005 im Skigebiet Sölden (Daten aus 37).

Verletzungs-lokalisation	2003		2005	
	Männer (%)	Frauen (%)	Männer (%)	Frauen (%)
Knöchel	5	6	8	6
Unterschenkel	9	7	11	7
Knie	27	56	26	47
Oberschenkel	3	4	6	5
Hüfte/Becken	2	3	3	4
Bauch/Brust	3	1	6	3
Schulter/Rücken	30	13	28	11
Arm	4	3	4	5
Kopf	16	8	8	11

nern eine deutliche Reduzierung um 26% der VKB-Verletzungen erzielt werden, während zusätzlich durch die Verringerung der Bindungseinstellung keine - wie von einigen befürchtet - erhöhte Anzahl von Fehlauflösungen beobachtet wurde (28).

Andere Autoren hingegen sehen keinen konkreten Zusammenhang zwischen Bindungseinstellung und Knieverletzungen. So überprüften Ettlinger et al. (15) bei VKB-verletzten Skifahrern und Skifahrern mit einer Verletzung der unteren Extremität sowie bei einer unverletzten Kontrollgruppe die Auslösemomente der Skibindungen. Es zeigte sich, dass nur die Gruppe mit den Verletzungen der unteren Extremität sich hinsichtlich einer zu hohen Bindungseinstellung signifikant von der Kontrollgruppe unterschied. In dieser Gruppe zeigten 39% der Verletzten eine über 30% höher eingestellte Bindung als die vorgegebene Norm, während es in der Kontrollgruppe 17% und in der VKB-Gruppe 14% waren. Die Autoren folgern daraus, dass Verletzungen der unteren Extremität

wie Brüche und Verstauchungen in Beziehung zu quantitativen und qualitativen Mängeln in der Bindungsfunktion stehen, während schwere Knieverletzungen nicht auf die Bindungseinstellung zurückzuführen seien (15).

Andererseits zeigt eine eigene Untersuchung, dass sich die Bindungen von Frauen mit einer VKB-Ruptur nach einem Vorwärtsdrehsturz nur in knapp 30% der Fälle gelöst haben, obwohl mehr als 60% über eine vom Fachhandel aktuell (< 1 Jahr) eingestellte Skibindung verfügten (39). Aufgrund dieses Ergebnisses erscheint uns eine Diskussion der weiblichen Bindungsnormen durchaus angebracht.

Mit Hinblick auf die Umweltbedingungen als Risikofaktor finden die meisten Knieverletzungen auf leichten und mittelschweren Pisten statt (11,45). Allerdings besteht auf harten und steilen Pisten ein zweifach erhöhtes Risiko einer Knieverletzung (13). 60% der Skiläufer ziehen sich ihre Knieverletzung an sonnigen Tagen zu (11), wenn die Pisten gut frequentiert sind. Interessanterweise verletzten sich mehr Skiläuferinnen mit einer Knieverletzung an kälteren Tagen als Skiläuferinnen mit anderen Verletzungen (11), so dass der Einfluss von Kälte auf mögliche Knieverletzungen bei Frauen in künftigen Untersuchungen zu berücksichtigen ist.

PRÄVENTIVMASSNAHMEN

So wie die Verletzungsursachen multifaktoriell als komplexes Zusammenspiel internaler und externaler Faktoren zu sehen sind (2), betreffen Präventivmaßnahmen sowohl die Person per se als auch die Ausrüstung (Tab. 1).

Aus der Erkenntnis, dass der weibliche Menstruationszyklus tatsächlich Auswirkungen auf die Verletzungshäufigkeit zeigt, lassen sich Empfehlungen zur Verletzungsprävention generell und für den Zeitraum vor dem Eispflug im Speziellen geben. Aufgrund der hormonell bedingten Schwächung des Bandapparates (29) und aufgrund der verringerten Entspannungsfähigkeit und der zunehmenden Ermüdung der Oberschenkelmuskulatur vor dem Eispflug (43) werden ein vorbereitendes skispezifisches Fitnesstraining, regelmäßiges Aufwärmen und ausreichend Pausen während des Skitages sowie eine dem Skikönnen angepasste Geschwindigkeit und Fahrweise empfohlen (26,42).

Unabhängig von der Diskussion um die Bindungsnormen bei Frauen sollte die Skibindung jährlich durch den Fachhandel gewartet und neu eingestellt werden, da sich Gewicht, Alter und auch das Skikönnen mit der Zeit ändern. Zudem haben eigene Untersuchungen gezeigt, dass das Knieverletzungsrisiko bei Frauen mit zunehmendem Bindungsalter um fast das Doppelte steigt (Abb.2, 8).

Die Erkenntnis der Wichtigkeit einer aktuellen Bindungseinstellung (8) und die hohe Zahl an weiblichen Knieverletzungen (7,8) veranlasste uns, im Skigebiet Sölden in der Saison 2004/2005 die Präventivkampagne „Frauen pow(d)er, Sicher am Sk“ für Skiläuferinnen zu starten (37). Dabei wurden Tipps zur Fitness, zum Aufwärmen und für die passende Ausrüstung (Wärmebekleidung) über den örtlichen Videokanal sowie über Werbefolder und Plakate verbreitet. Ein wesentliches Angebot dieser Kampagne war eine kostengünstige Einstellung der Skibindungen für Frauen in den ortsansässigen Sportgeschäften. Während der Prozentsatz an männlichen Knieverletzungen zwischen den Untersuchungen 2002/2003 und 2004/2005 annähernd gleich blieb, konnte bei den Frauen die Knieverletzungsrate um 16% reduziert werden (Tab.2). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass vor allem die Bewusstma-

chung des Problems zu einer Reduktion der Knieverletzungen bei Skiläuferinnen führte.

SCHLUSSFOLGERUNG

Das Kniegelenk ist im alpinen Skilauf die dominante Verletzungslokalisation. Frauen erleiden doppelt so häufig Knieverletzungen und dreifach so oft vordere Kreuzbandrupturen wie Männer. Komplexe Ursachen dafür sind sowohl in internalen als auch externalen Risikofaktoren zu sehen. Als potentielle Risikofaktoren von Knieverletzungen bei Frauen gelten u.a. ein höheres Alter, das Zeitintervall von der Regelblutung bis zum Eispflug, eine frühere Knieverletzung sowie mangelnde Fitness. Weiters werden der Gebrauch von traditionellen Skiern, eine nicht aktuelle Bindungseinstellung sowie kältere Temperaturen und steilere Pisten mit einem erhöhten Knieverletzungsrisiko in Verbindung gebracht. Als Präventivmaßnahmen werden daher ein vorbereitendes skispezifisches Fitnesstraining, regelmäßiges Aufwärmen und ausreichend Pausen während des Skitages, eine dem Skikönnen angepasste Geschwindigkeit und Fahrweise sowie eine aktuelle Bindungseinstellung und eine adäquate Wärmebekleidung empfohlen.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

1. ADACHI N, NAWATA K, MAETA M, KUROZAWA Y: Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. Arch Orthop Trauma Surg 128 (2008) 473-478.
2. BAH R, KROSSHAUG T: Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. BJSM 39 (2005) 324-329.
3. BERGSTROM KA, EKELAND A: Effect of trail design and grooming on the incidence of injuries at alpine ski areas. BJSM 38 (2004) 264-268.
4. BERGSTROM KA, ASKILD O, JORGENSEN NA, EKELAND A: Evaluation of skiing injuries by injury severity score. Scand J Med Sci Sports 9 (1999) 110-113.
5. BEYNNON BD, ETTLINGER CF, JOHNSON RJ: Epidemiology and mechanisms of ACL injury in alpine skiing. In: Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY (Hrsg.): Understanding and preventing noncontact ACL injuries. American Orthopaedic Society for Sports Medicine, Human Kinetics, Champaign, IL, 2007, 183-188.
6. BEYNNON 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 34 (2006) 757-764.
7. BURTSCHER M, FLATZ M, SOMMERSACHER R, ET AL.: Österreichische Skiunfallerhebung in der Wintersaison 2002/03. In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit (Hrsg.): Sicherheit im Bergland, Innsbruck, 2003, 83-91.
8. BURTSCHER M, GATTERER H, FLATZ M, ET AL.: Effects of modern ski equipment on the overall injury rate and the pattern of injury location in Alpine skiing. Clin J Sport Med 18 (2008) 355-357.
9. BURTSCHER M, NACHBAUER W: Verletzungsrisiko österreichischer Skiläufer und Vergleich der Verletzungsmuster von Normal- und Carvingskifahrern. In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit (Hrsg.): Sicherheit im Bergland, Innsbruck, 1999, 107-115.
10. BURTSCHER M, PACHINGER O, MITTLEMAN MA, ULMER H: Prior myocardial infarction is the major risk factor associated with sudden cardiac death during downhill skiing. Int J Sports Med 21 (2000) 613-615.

11. **BURTSCHER M, SOMMERSACHER R, RUEDL G, NACHBAUER W:** Potential risk factors for knee injuries in alpine skiers. *Journal of ASTM International* 6 (2009)
12. **DAVIDSON TM, LALIOTIS AT:** Alpine skiing injuries, a nine-year study. *West J Med* 164 (1996) 310-314.
13. **DEMIRAG B, ONCAN T, DURAK K:** An evaluation of knee ligament injuries encountered in skiers at the Uludag Ski Center. *Acta Orthop Traumatol Turc* 38 (2004) 313-316.
14. **DUGAN SA:** Sports-related knee injuries in female athletes. *Am J Phys Med Rehabil* 84 (2005) 122-130.
15. **ETTLINGER CF, JOHNSON RJ, SHEALY JE:** Functional and release characteristics of alpine ski equipment. Abstracts of the Sixteenth International Symposium on Ski Trauma and Skiing Safety, Arai Mountain, Niigata, Japan, 17.-23. April 2005. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (2006) 97-104.
16. **GLÄSER H:** Unfälle im alpinen Skisport. Zahlen und Trends der Saison 2004/2005. Auswertungsstelle für Skiuunfälle der ARAG Sportversicherung (ASU Ski) 2006.
17. **GOULET C, HAGEL BE, HAMEL D, LEGARE G:** Self-reported skill level and injury severity in skiers and snowboarders. *JSAMS*, published online: 3 Jan 2009
18. **GREENWALD RM, TOELCKE T:** Gender differences in alpine skiing injuries: a profile of the knee-injured skier. In: Johnson RJ, Mote CD, Ekeland A (Hrsg.): *Skiing Trauma and Safety: Eleventh volume*. ASTM, Balitmore, 1997, 111-121.
19. **HAGEL B:** Skiing and Snowboarding injuries. *Med Sport Sci* 48 (2005) 74-119.
20. **HEWETT TE:** Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in Female athletes. *Sports Med* 29 (2000) 313-327.
21. **HEWETT TE, MYER GD, FORD KR:** Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanism and risk factors. *Am J Sports Med* 34 (2006) 299-311.
22. **HEWETT TE, ZAZULAK BT, MYER GD:** Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am J Sports Med* 35 (2007) 659-668.
23. **HULL ML:** Analysis of skiing accidents involving combined injuries to the medial collateral and anterior cruciate ligaments. *Am J Sports Med* 25 (1997) 35-40.
24. **JOHNSON RJ, ETTLINGER CF, CAMPBELL RJ:** Trends in skiing injuries. Analysis of a 6-year study (1972 to 1978). *Am J Sports Med* 8 (1980) 106-113.
25. **JOHNSON RJ, ETTLINGER CF, SHEALY JE, MEADER C:** Impact of super side cut skis on the epidemiology of skiing injuries. *Sportverletzung Sportschaden* 11 (1997) 150-152.
26. **KOEHLE MS, LLOYD-SMITH R, TAUNTON JE:** Alpine ski injuries and their prevention. *Sports Med* 32 (2002) 785-793.
27. **KÖHNE G, KUSCHE H, SCHALLER C, GUTSFELD P:** Skiuunfälle – Veränderungen seit Einführung des Carvingski. *Sportorthopädie Sporttraumatologie* 23 (2007) 63-67.
28. **LAPORTE JD, BINET MH, FENET N, CONSTANS D:** Ski bindings and lower leg injuries: a two year case-control study in Avoriaz. Abstracts of the Sixteenth International Symposium on Ski Trauma and Skiing Safety, Arai Mountain, Niigata, Japan, 17.-23. April 2005. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (2006) 97-104.
29. **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* 25 (1997) 704-709.
30. **MERKUR A, WHELAN KM, KUAH E, CHOO P:** The effect of ski shape on injury occurrence in downhill skiing. In: Johnson RJ, Lamont MK, Shealy JE (Hrsg.): *Skiing Trauma and Safety: Fourteenth volume*, ASTM, Saline, 2003, 129-139.
31. **MEYERS MC, LAURENT JR CM, HIGGINS RW, SKELLY WA:** Downhill ski injuries in children and adolescents. *Sports Med* 37 (2007) 485-498.
32. **MOLLER-NIELSON J, HAMMAR M:** Sports injuries and oral contraceptive use: is there a relationship? *Sports Med* 12 (1991) 152-160.
33. **NATRI A, BEYNNON BD, ETTLINGER CF, JOHNSON RJ, SHEALY JE:** Alpine ski bindings and injuries: Current findings. *Sports Med* 28 (1999) 35-48.
34. **OATES KM, VAN EENENAAM DP, BRIGGS K, HOMA K, STERETT WI:** Comparative injury rates of uninjured, anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees in a skiing population. *Am J Sports Med* 27 (1999) 606-610.
35. **PETERSEN W, ROSENBAUM D, RASCHKE M:** Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen. *Dtsch Z Sportmed* 56 (2005) 150-156.
36. **PRESSMAN A, JOHNSON DH:** A review of ski injuries resulting in combined injury to the anterior cruciate ligament and medial collateral ligaments. *Arthroscopy* 19 (2003) 194-202.
37. **RUEDL G, FLATZ M, SOMMERSACHER R, WOLDRICH T, GATTERER H, HOTTER B, NACHBAUER W, BURTSCHER M:** Das weibliche Knie im Alpinen Skilauf: Ergebnisse des Frauen-Pow(d)er Projektes. In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit (Hrsg.): *Sicherheit im Bergland*, Innsbruck, 2006, 80-85. Erratum, *Sicherheit im Bergland*, Innsbruck, 2007
38. **RUEDL G, PLONER P, LINORTNER I, SCHRANZ A, FINK C, SOMMERSACHER R, POCECCO E, NACHBAUER W, BURTSCHER:** Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, published online: 31 March 2009
39. **RUEDL G, LINORTNER I, SCHRANZ A, FINK C, SOMMERSACHER R, NACHBAUER W, BURTSCHER M:** Kreuzbandverletzungen bei Carvingskifahrerinnen in Abhängigkeit vom Alter der Bindungseinstellung und der Bindungsfunktion. In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit (Hrsg.): *Sicherheit im Bergland*, Innsbruck, 2008, 176-183.
40. **RUEDL G, SCHRANZ A, FINK C, POCECCO E, NACHBAUER W, BURTSCHER:** Are ACL injuries related to perceived fatigue in female skiers? In: Senner V, Fastenbauer V, Böhm H (Hrsg.): *Book of Abstracts of the 18th Congress of the International Society for Skiing Safety*, Garmisch-Partenkirchen, Germany, April 26 – May 02 2009, 7.
41. **RUEDL G, SOMMERSACHER R, WOLDRICH T, NACHBAUER W, BURTSCHER M:** Ergebnisse der Österreichischen Skiuunfallerhebung aus der Wintersaison 2006/2007. In: Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit (Hrsg.): *Alpinunfälle 2007*, Innsbruck, 2008, 56-60.
42. **RUEDL G, SOMMERSACHER R, WOLDRICH T, PATTERSON C, NACHBAUER W, BURTSCHER M:** A structured warm-up program to prevent injury in recreational skiers. In: Senner V, Fastenbauer V, Böhm H (Hrsg.): *Book of Abstracts of the 18th Congress of the International Society for Skiing Safety*, Garmisch-Partenkirchen, Germany, April 26 – May 02 2009, 77.
43. **SARWAR R, BELTRAN NB, RUTHERFORD OM:** Changes in muscle strength, relaxation rate and fatigability during the human menstrual cycle. *J Physiol* (1996) 267-272.
44. **STEVENSON H, WEBSTER J, JOHNSON RJ, BEYNNON B:** Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *Iowa Orthop J* 18 (1998) 64-66.
45. **URABE Y, OCHI M, ONARI K, IKUTA Y:** Anterior cruciate ligament injury in recreational alpine skiers: analysis of mechanisms and strategy for prevention. *J Orthop Sci* 7 (2002) 1-5.
46. **WERNER S, WILLIS K:** Self-release of ski-binding. *Int J Sports Med* 23 (2002) 530-535.
47. **YU B, KIRKENDALL DT, GARRET JR WE:** Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: anatomy, physiology, and motor control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 10 (2002) 58-68.

Korrespondenzadresse:

Dr. Gerhard Ruedl
Institut für Sportwissenschaft,
Bereich Alpinsport
Universität Innsbruck
Fürstenweg 185
6020 Innsbruck
Österreich
E-Mail: gerhard.ruedl@uibk.ac.at

Weitere Informationen finden Sie unter www.frauenpowder.at – unterstützt vom Bundesministerium für Gesundheit und Frauen und dem Staatssekretariat für Sport.

