

Einfluss von subjektiver Ermüdung auf vordere Kreuzbandverletzungen beim alpinen Skifahren: Ein Geschlechtervergleich

■ Gerhard Ruedl, Kenneth Helle, Katja Tecklenburg, Alois Schranz, Christian Fink, Markus Posch, Martin Burtscher

Zusammenfassung

Hintergrund: Im alpinen Freizeitskillauf betrifft rund ein Drittel aller Verletzungen das Kniegelenk und die häufigste Diagnose bei erwachsenen Skifahrern beider Geschlechter ist eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes (VKB) mit 15–21% aller Verletzungen. Generelle präventive Empfehlungen zur Reduzierung des Risikos einer Skiverletzung beinhalten das Vermeiden von Ermüdung. Allerdings ist unklar, in welchem Ausmaß die Ermüdung bei männlichen und weiblichen Skifahrern mit einer VKB-Verletzung eine Rolle spielt.

Methoden: In der vorliegende Studie wurden prospektiv VKB-verletzte Skifahrer während 5 Wintersaisons von 2009/10–2013/14 in zwei österreichischen Skikliniken befragt. Gesamt wurden 588 Personen (67,9% weiblich) mit einem durchschnittlichen Alter von $42,1 \pm 10,9$ Jahren hinsichtlich demografischer Daten, Skikönnen, Risikoverhalten, aktueller Fitness, zum Tag und Uhrzeit des Unfalls sowie zur Skidauer und zur subjektiven Er-

müdung in den Beinen zum Unfallzeitpunkt befragt.

Ergebnisse: VKB-verletzte Männer schätzten ihr Skikönnen und ihren Fitnesszustand signifikant höher ein als VKB-verletzte Frauen und der Anteil an einem eher riskanten Verhalten war bei Männern signifikant höher als bei Frauen. Ungefähr ein Drittel der Männer und Frauen verletzten sich am ersten Tag des Skiurlaubes und rund 57% während der ersten beiden Tage. Allerdings zogen sich Frauen signifikant häufiger eine VKB-Verletzung während der ersten Stunde auf der Skipiste (28 vs. 17%) sowie während der ersten beiden Stunden Skifahren (52 vs. 44%) zu als Männer. Geschlechtsunabhängig verspürten zum Zeitpunkt des Unfalls rund 81% der Männer und Frauen keine oder nur eine sehr geringe Ermüdung in den Beinen.

Schlussfolgerung: Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie zeigt sich, dass die Ermüdung weder bei männlichen noch weiblichen Skifahrern ein wesentlicher Risikofaktor für eine VKB-Verletzung darzustellen scheint.

Frauen verletzen sich am Kniegelenk doppelt so häufig wie Männer [3,4,6] und das Risiko einer VKB-Verletzung ist bei weiblichen Skifahrern dreimal so hoch wie bei männlichen Skifahrern [9, 10]. Mögliche Gründe dafür werden in anatomischen, neuromuskulären und hormonellen Differenzen zwischen den Geschlechtern gesehen [11–13].

Im alpinen Skilauf wird Ermüdung oftmals mit einem erhöhten Verletzungsrisiko in Verbindung gebracht, da sich ein Großteil der Skifahrer am Nachmittag ihre Verletzung zuziehen [14,15]. Welche Rolle die Ermüdung bei Knieverletzungen im Freizeitskillauf spielt, ist unklar, da sich weibliche Skifahrer mit einer Knieverletzung häufiger am Vormittag verletzten als Skifahrerinnen mit anderen Verletzungslokalisationen [16]. In einer Fall-Kontroll-Studie von Skifahrerinnen mit einer VKB-Verletzung konnte gezeigt werden, dass 81% der Skifahrerinnen sich ihre Knieverletzung in den ersten drei Stunden zuzogen und gesamt 71% der Patientinnen keine oder kaum eine Ermüdung zum Zeitpunkt des Unfalls verspürten [17]. Welche Rolle die Ermüdung mit Hinblick auf das 3-fach höhere VKB-Verletzungsrisiko von weiblichen im Vergleich zu männlichen Freizeitskilfahrern spielt, wurde unseres Wissens noch nicht untersucht. Daher war das Ziel dieser Studie, den geschlechtsspezifischen Einfluss einer subjektiven Ermüdung auf vordere Kreuzbandverletzungen beim alpinen Skifahren zu untersuchen.

Methodik

Die Daten für diese Studie wurden prospektiv während der 5 Wintersaisons 2009/10–2013/14 an zwei österreichischen Skikliniken erhoben. Einschlusskriterium war ein selbstverschuldeter Sturz, der zu einer VKB-Verletzung führte, die mittels MRI verifiziert wurde und ein Alter > 17 Jahre. Diese Studie wurde gemäß der ethischen Standards der De-

Einleitung

Der alpine Skilauf ist in den Wintermonaten die beliebteste Freizeitsportart mit mehr als 200 Millionen Ausübenden weltweit [1]. Österreich ist aufgrund seiner topografischen Lage und skilaufbedingten Tradition ein beliebtes Wintersportland, in dem Sportarten wie alpiner Skilauf, Snowboarden, Skilanglauf und Skitourenlauf jährlich von mehr als 10 Millionen Einheimischen und Touris-

ten ausgeübt werden [2]. Trotz einer relativ geringen statistischen Verletzungsrate beim Skifahren von ≤ 1 Verletzung pro 1000 Personenskitagen in den letzten Jahren [3,4], kommt es aufgrund der großen Anzahl der Sporttreibenden jährlich zu vielen Verletzungen auf den Skipisten. Hauptursache von Verletzungen beim Wintersport auf Skipisten ist in 80–90% der Fälle ein selbstverschuldeter Sturz und in rund 10% aller Verletzungen eine Personenkollision [3–5]. Rund ein Drittel aller skilaufbedingten Verletzungen betreffen das Kniegelenk [3,6] und mit 15–21% aller Verletzungen ist eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes (VKB) die häufigste Diagnose [7,8]. Allerdings zeigen Studien deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede.

Dieser Artikel wurde erstmalig publiziert in Sportverl Sportschad 2014; 28: 226–230.

OP-JOURNAL 2016; 32: 40–43
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-110668>

klärung von Helsinki von 2008 durchgeführt und vom Reviewboard des Institutes für Sportwissenschaft Innsbruck approbiert. Die Patienten wurden vorab über die Studienziele informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie.

Der Fragebogen, der im Beisein eines Arztes spätestens einen Tag nach der Verletzung auszufüllen war, wurde bereits für mehrere skispezifischen Studien [12, 13, 17] verwendet. Der Fragebogen beinhaltete u. a. demografische Fragen (Alter, Geschlecht, Herkunft, Größe, Gewicht) ebenso wie Fragen zum Skikönnen (Anfänger, leicht Fortgeschrittene, Fortgeschrittene, Experten) in Anlehnung an Sulheim et al. [18] und zum Risikoverhalten (eher vorsichtig bzw. eher risikofreudig) in Anlehnung an Ruedl et al. [19]. Da die Tendenz besteht, das Skikönnen zu unterschätzen [18], wurde das vierteilige Skikönnen in die beiden Kategorien „geringer“ (Anfänger und Leichtfortgeschritten) und „höher“ (Fortgeschrittene und Experten) zusammengefasst.

Mit Hinblick auf die Zielsetzung dieser Studie wurden die Teilnehmer zudem nach dem Zeitpunkt des Unfalles (vor 12 Uhr, 12–14 Uhr, 14–16 Uhr, nach 16 Uhr) und der bis dahin erfolgten Skidauer (< 1 h, 1–2 h, 2–3 h, 3–5 h, > 5 h) sowie, am wievielten Tag des Skiurlaubes die Verletzung passierte, und nach dem Ausmaß der subjektiven Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt des Unfalles (keine, sehr wenig, ein wenig, ziemlich, stark) gefragt. Abschließend schätzten die Teilnehmer ihre aktuelle Fitness subjektiv ein (sehr gut, gut, mittelmäßig, schwach, sehr schwach) in Anlehnung an Ruedl et al. [17].

Statistik

Die Daten sind als Mittelwerte und Standardabweichungen bzw. als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Der geschlechtsspezifische Vergleich der Daten wurde entsprechend mittels Mann-Whitney-U-Tests bzw. Chi-Quadrat-Tests durchgeführt. P-Werte < 0,05 werden als statistisch signifikant angesehen.

Ergebnisse

Gesamt erfüllten 588 Personen (67,9% weiblich) mit einem Alter von $42,1 \pm 10,9$ Jahren, einem Gewicht von $72,7 \pm 14,4$ kg und einer Größe von $171,3 \pm 8,6$ cm die Einschlusskriterien. Hinsichtlich der Nationalität waren 11,7% aus Österreich,

62,6% aus Deutschland und 25,7% aus anderen Staaten.

In **Tab. 1** sind die demografische Daten sowie Daten zum Skikönnen, Risikoverhalten, aktueller Fitness, Unfalltag, Unfallzeitpunkt, Skidauer sowie die subjektive Ermüdung der Beine der Gesamtgruppe sowie geschlechtsspezifisch dargestellt.

Männer und Frauen unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Selbsteinschätzung des Skikönnens, des Risikoverhaltens und der aktuellen Fitness (**Tab. 1**). Rund ein Drittel der männlichen und weiblichen Skifahrer verletzte sich am ersten Skitag und über die Hälfte an den beiden ersten Tagen auf der Skipiste ($p = 0,972$). Kein geschlechtsspezifischer Unterschied ($p = 0,098$) zeigte sich auch hinsichtlich des Unfallzeitpunktes. Rund ein Drittel der Wintersportler zog sich die VKB-Verletzung vor 12 Uhr und rund ein Drittel zwischen 12 und 14 Uhr zu (**Tab. 1**). Frauen verletzten sich allerdings signifikant häufiger ($p = 0,011$) in der ersten Stunde (28 vs. 17%) bzw. in den ersten beiden Stunden (52 vs. 44%) als Männer am Knie. Hinsichtlich der subjektiv empfundenen Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt des Unfalls gaben sowohl rund 81% der Frauen als auch der Männer keine bzw. sehr wenig Ermüdung an ($p = 0,910$).

Diskussion

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss einer subjektiven Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt der VKB-Verletzung bei männlichen und weiblichen Skifahrern zu untersuchen. Es zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich Unfalltag und Unfallzeitpunkt. Rund ein Drittel der männlichen und weiblichen Skifahrer verletzte sich am ersten Skitag und über die Hälfte an den beiden ersten Tagen auf der Skipiste bzw. rund ein Drittel der Wintersportler zog sich die VKB-Verletzung vor 12 Uhr und rund ein Drittel zwischen 12 und 14 Uhr zu. Allerdings verletzten sich Frauen am Knie signifikant häufiger in der ersten Stunde bzw. in den ersten beiden Stunden als Männer. Hinsichtlich der subjektiv empfundenen Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt des Unfalls gaben über 80% sowohl der Frauen als auch der Männer keine bzw. sehr wenig Ermüdung zum Zeitpunkt des Unfalls an.

Gesamt zogen sich 33% der männlichen und weiblichen Skifahrer ihre VKB-Ver-

letzung am ersten Skitag sowie 24% am zweiten Skitag zu. Übereinstimmend zeigte sich in einer Studie von Ruedl et al. [20], dass sich Wintersporttouristen aus anderen Nationen zu 33% am ersten und zu 24% am zweiten Tag ihres Skiurlaubes verletzten. In dieser Studie waren rund 90% der Wintersportler mit einer VKB-Verletzung Skitouristen aus dem Ausland. Entsprechend sind präventive Maßnahmen, die vorrangig auf ein Reduzieren des Verletzungsrisikos an den ersten beiden Tagen des Skiurlaubes abzielen, vorzunehmen. Eine mögliche Ursache für dieses Verletzungsrisiko, besonders am ersten Skitag, könnte unter anderem in der ungewohnten Höhenlage des Urlaubortes liegen, da entsprechend einer Studie von Burtscher et al. [21] das Sturzrisiko von Skifahrern in Höhenlagen über 2000 m signifikant erhöht ist. Die Verletzungsprävalenz in dieser Studie nimmt mit zunehmender Anzahl der Skitage deutlich ab. Im Gegensatz dazu zeigte eine Studie von Aschauer et al. [22], dass die Verletzungswahrscheinlichkeit im Laufe einer Skiwoche in den ersten drei Tagen konstant ist und dann kontinuierlich absinkt. Daher scheint es präventiv sinnvoll, sich im Wintersporturlaub besonders an den ersten beiden Tagen schrittweise an die spezifischen Begebenheiten wie Höhenlage und Witterungsbedingungen sowie an die ungewohnte körperliche Betätigung beim Skifahren bzw. Snowboarden zu gewöhnen [20].

Da sich im alpinen Skilauf ein Großteil der Wintersportler am Nachmittag verletzen [14, 15], wird eine mögliche Ermüdung häufig mit einem erhöhten Verletzungsrisiko in Verbindung gebracht. Allerdings wird oftmals nicht erfasst, ob sich die Skifahrer schon seit in der Früh auf den Pisten befinden oder aber erst ab Mittag. In dieser Studie verletzten sich rund 70% der männlichen und weiblichen Skifahrer vor 14 Uhr und in einer Vergleichsstudie von Ruedl et al. [17] zogen sich 60% der Frauen ihre VKB-Verletzung vor 14 Uhr zu. Daher scheint weniger der Zeitpunkt des Unfalles als vielmehr die bis dahin erfolgte Skidauer Rückschlüsse auf eine potenzielle Ermüdung zuzulassen. Entsprechend eruierten Ruedl et al. [17] eine positive Korrelation von $r = 0,437$ ($p < 0,001$) zwischen Skidauer und subjektiv empfundener Ermüdung in den Beinen der Gesamtgruppe (VKB-verletzte und unverletzte Skifahrerinnen). In der vorliegenden Studie verletzten sich rund jeweils ein Viertel der befragten Winter-

Tab. 1 Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) sowie absolute (n) und relative (%) Häufigkeiten der erhobenen Parameter für die Gesamtgruppe sowie für den geschlechtsspezifischen Vergleich.

	Gesamtgruppe n = 588	Männer n = 189	Frauen n = 399	P-Wert
Alter [Jahre]: MW (SD)	42,1 ± 10,9	41,7 ± 10,5	42,3 ± 11,0	0,632
Größe [cm]: MW (SD)	171,3 ± 8,6	180,3 ± 6,1	167,0 ± 5,9	<0,001
Gewicht [kg]: MW (SD)	72,7 ± 14,4	85,2 ± 12,6	66,8 ± 11,0	<0,001
Herkunft n [%]				0,096
Österreich	69 [11,7]	31 [16,4]	38 [9,5]	
Deutschland	368 [62,6]	110 [58,2]	258 [64,7]	
andere	151 [25,7]	48 [25,4]	103 [25,8]	
Skikönnen n [%]				<0,001
geringer	199 [40,9]	44 [28,6]	155 [46,7]	
höher	287 [59,1]	110 [71,4]	177 [53,3]	
Risikoverhalten n [%]				<0,001
vorsichtig	448 [78,5]	114 [62,6]	334 [85,9]	
risikofreudig	123 [21,5]	68 [37,4]	55 [14,1]	
fehlend: n	17	7	10	
aktuelle Fitness n [%]				0,001
sehr gut	104 [18,0]	52 [27,8]	52 [13,3]	
gut	248 [42,8]	71 [38,0]	177 [45,2]	
mittelmäßig	203 [35,1]	60 [32,1]	143 [36,5]	
schwach	23 [4,0]	4 [2,1]	19 [4,8]	
sehr schwach	1 [0,2]	0	1 [0,3]	
fehlend: n	9	2	7	
Skitag n [%]				0,972
1. Tag	180 [32,9]	58 [34,9]	122 [32,0]	
2. Tag	129 [23,6]	37 [22,3]	92 [24,1]	
3. Tag	93 [17,0]	26 [15,7]	67 [17,6]	
4. Tag	59 [10,8]	19 [11,4]	40 [10,5]	
5. Tag	42 [7,7]	13 [7,8]	29 [7,6]	
6. Tag	25 [4,6]	8 [4,8]	17 [4,5]	
7. Tag	12 [2,2]	4 [2,4]	8 [2,1]	
>7. Tag	7 [1,3]	1 [0,6]	6 [1,6]	
fehlend: n	41	23	18	
Unfallzeitpunkt n [%]				0,098
vor 12 Uhr	159 [35,2]	57 [36,1]	102 [36,1]	
12–14 Uhr	155 [34,3]	56 [35,4]	99 [33,7]	
14–16 Uhr	125 [27,7]	40 [25,3]	85 [28,9]	
nach 16 Uhr	13 [2,9]	5 [3,2]	8 [2,7]	
fehlend: n	136	31	105	
Skidauer n [%]				0,011
<1 h	145 [24,7]	32 [16,9]	113 [28,3]	
1–2 h	147 [25,0]	51 [27,0]	96 [24,1]	
2–3 h	147 [25,0]	45 [23,8]	102 [25,6]	
3–5 h	124 [21,1]	52 [27,5]	72 [18,0]	
>5 h	25 [4,3]	9 [4,8]	16 [4,0]	
Ermüdung in den Beinen n [%]				0,910
keine	352 [59,9]	109 [57,7]	243 [60,9]	
sehr wenig	123 [20,9]	44 [23,3]	79 [19,8]	
ein wenig	92 [15,6]	29 [15,3]	63 [15,8]	
ziemlich	18 [3,1]	6 [3,2]	12 [3,0]	
stark	3 [0,5]	1 [0,5]	2 [0,5]	

sportler innerhalb der ersten Stunde bzw. zwischen ein und zwei Stunden sowie zwischen zwei und drei Stunden und nach drei und mehr Stunden Fahrdauer am VKB. In Übereinstimmung zeigt sich auch in der Studie von Aschauer et al. [22], dass Skifahrer während der gesamten täglichen Liftbetriebszeit einem gleich hohen Risiko ausgesetzt sind, sich bei einem Sturz zu verletzen. Geschlechtsspezifisch zeigt sich jedoch ein signifikanter Unterschied. Frauen verletzen sich innerhalb der ersten Stunde auf der Skipiste signifikant häufiger als Männer (28 vs. 17%). Möglicherweise hängt dieses Ergebnis auch mit der Einschätzung der aktuellen Fitness zusammen. Gesamt haben 45% der Frauen in dieser Studie ihre Fitness als gut eingeschätzt. In Übereinstimmung schätzten in der Studie von Ruedl et al. [17] jeweils 44% der VKB-verletzten und der unverletzten Skifahrerinnen ihre aktuelle Fitness als gut ein. Männer bezeichnen ihre aktuelle Fitness in der vorliegenden Studie jedoch signifikant häufiger als Frauen als sehr gut (28 vs. 13%). Eine erhöhte Fitness beim männlichen Skifahrer [23] geht möglicherweise mit einer höheren Ermüdungsresistenz einher, wodurch das Ergebnis, dass sich Männer mit rund 28% auch noch nach einer Dauer von drei bis fünf Stunden Skifahren relativ häufig am VKB verletzen, erklärbar scheint.

Dass die Ermüdung weder bei Männern noch bei Frauen in dieser Studie ein relevanter Risikofaktor für eine VKB-Verletzung zu sein scheint, zeigt sich neben der zumeist geringen Skidauer zum Zeitpunkt des Unfalls auch in der subjektiven Einschätzung der Ermüdung in den Beinen. Gesamt gaben 60% der männlichen und weiblichen Wintersportler keine bzw. 21% eine sehr geringe Ermüdung an, während nur 3,6% die Ermüdung in den Beinen zum Unfallzeitpunkt als ziemlich bzw. stark einschätzten. Zum Vergleich gaben in einer früheren Studie von Ruedl et al. [17] 43% der Skifahrerinnen mit einer VKB-Verletzung keine Ermüdung sowie 29% eine geringe Ermüdung bzw. 3% eine ziemliche Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt der Verletzung an.

Zusammenfassend scheint aufgrund der dargestellten Daten eine subjektive Ermüdung in den Beinen zum Zeitpunkt einer VKB-Verletzung weder bei männlichen noch bei weiblichen Skifahrern eine relevante Rolle zu spielen. Entsprechend sind Präventivmaßnahmen notwendig, die darauf abzielen, das VKB-

Verletzungsrisiko besonders in den ersten beiden Skitagen des Skiurlaubes sowie innerhalb der ersten beiden Stunden pro Skitag zu reduzieren. Generell werden daher ein vorbereitendes skispezifisches Fitnesstraining, regelmäßiges Aufwärmen und ausreichend Pausen während des Skitages sowie eine dem Skikönnen angepasste Geschwindigkeit und Fahrweise empfohlen [24, 25].

Die Autoren bedanken sich herzlich bei der OSM Research Foundation für eine Teil-Finanzierung der Befragungen im Rahmen der vorliegenden Studie.

Interessenkonflikt: Nein

Literatur

- 1 Meyers MC, Laurent CM Jr, Higgins RW et al. Downhill ski injuries in children and adolescents. *Sports Med* 2007; 37: 485–498
- 2 Burtscher M, Pochia A. The risk of cardiovascular events during leisure time activities at altitude. *Prog Cardiovasc Dis* 2010; 52: 507–511
- 3 Ruedl G, Philippe M, Sommersacher R et al. Aktuelles Unfallgeschehen auf Österreichischen Skipisten. *Sportverletz Sportschaden* 2014; 28 (4): 183–187
- 4 Ekland A, Rodven A. Skiing and boarding injuries on Norwegian slopes during two winter seasons. In: Johnson RJ, Shealy JE, Senner V (Hrsg). *Skiing, Trauma and Safety*, 18th Vol. 4. *J ASTM Intl*; 2011: 139–149; DOI: 10.1520/JAI102817
- 5 Ruedl G, Kopp M, Sommersacher R et al. Factors associated with injuries occurred on slope intersections and in snow parks compared to on-slope injuries. *Accid Anal Prev* 2013; 50: 1221–1225
- 6 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 Sports Med* 2008; 18: 355–357
- 7 Kim S, Endres NK, Johnson RJ et al. Snowboarding injuries: trends over time and comparisons with alpine skiing injuries. *Am J Sports Med* 2012; 40 (4): 770–776
- 8 LaPorte JD, Bajolle L, Lamy D et al. Winter sport injuries in France over two decades. In: Johnson R J, Shealy J E, Scher I S et al. eds. *Skiing Trauma and Safety*. 19th volume. ASTM; 2012: 201–215
- 9 Beynon BD, Ettlinger CF, Johnson RJ. Epidemiology and mechanisms of ACL injury in alpine skiing. In: Hewett T E, Shultz S J, Griffin L Y eds. *Understanding and preventing noncontact ACL injuries*. Champaign, Ill. American Orthopaedic Society for Sports Medicine, Human Kinetics; 2007: 183–188
- 10 LaPorte JD, Bajolle L, Lamy D et al. Winter sport injuries in France over two decades. In: Johnson R J, Shealy J E, Scher I S et al. eds. *Skiing Trauma and Safety*. 19. ASTM; 2012: 201–215
- 11 Hewett TE, Meyer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanism and risk factors. *Am J Sports Med* 2006; 34: 299–311
- 12 Ruedl G, Webhofer M, Helle K et al. Leg dominance is a risk factor for non-contact ACL injuries in female recreational skiers. *Am J Sports Med* 2012; 40 (6): 1269–1273
- 13 Ruedl G, Ploner P, Linortner I et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17 (9): 1065–1069

- 14 Hagel BE, Meeuwisse WH, Mohtadi NGH et al. Skiing and snowboarding injuries in the children and adolescents of southern Alberta. *Clin J Sport Med* 1999; 9 (1): 9–17
- 15 Köhne G, Kusche H, Schaller C et al. Ski accidents—changes since introduction of carving ski. *Sportorthopädie Sporttraumatologie* 2007; 23: 63–67
- 16 Burtscher M, Sommersacher R, Ruedl G et al. Potential risk factors for knee injuries in alpine skiers. In: Johnson RJ, Shealy JE, Langran M eds. *Skiing Trauma and Safety*. 17. ASTM; 2009: 73–76
- 17 Ruedl G, Schranz A, Fink C et al. Are ACL injuries related to perceived fatigue in female skiers? In: Johnson RJ, Shealy JE, Senner V eds. *Skiing Trauma and Safety*. 18. ASTM; 2011: 119–129
- 18 Sulheim S, Ekland A, Bahr R. Self-estimation of ability among skiers and snowboarders in alpine skiing resort. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15: 665–670
- 19 Ruedl G, Abart M, Ledochowski L et al. Self-reported risk taking and risk compensation in skiers and snowboarders are associated with sensation seeking. *Accid Anal Prev* 2012; 48: 292–296
- 20 Ruedl G, Bauer R, Pfanner M et al. Ursachen und Risikofaktoren von Verletzungen im Skiurlaub. *Dtsch Z Sportmed* 2013; 64 (2): 52–56
- 21 Burtscher M, Pühringer R, Werner I et al. Predictors of falls in downhill skiing and snowboarding. In: Müller E, Lindinger S, Stöggel T (Hrsg) *Science and Skiing IV*. Aachen: Meyer & Meyer Sport (UK); 2009: 183–187
- 22 Aschauer E, Ritter E, Resch H et al. Verletzungen und Verletzungsrisiko beim Ski- und Snowboardsport. *Unfallchirurg* 2007; 110 (4): 301–306
- 23 Gorski T, Rosser T, Hoppeler H et al. An anthropometric and physical profile of young Swiss alpine skiers between 2004 and 2011. *Int J Sports Physiol Perform* 2014; 9 (1): 108–116
- 24 Koehle MS, Lloyd-Smith R, Taunton JE. Alpine ski injuries and their prevention. *Sports Med* 2002; 32: 785–793
- 25 Ruedl G, Sommersacher R, Woldrich T et al. 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*. 77. Garmisch-Partenkirchen, Germany; April 26–May 02 2009

Institutsangaben

Gerhard Ruedl¹, Kenneth Helle², Katja Tecklenburg², Alois Schranz², Christian Fink^{3,4}, Markus Posch¹, Martin Burtscher¹

- 1 Institut für Sportwissenschaft Innsbruck, Österreich
- 2 medalp sportclinic sölden, Imst, Imst, Österreich
- 3 Gelenkpunkt – Zentrum für Sport- und Gelenkchirurgie, Innsbruck, Österreich
- 4 Research Unit für Sportmedizin des Bewegungsapparates und Verletzungsprävention, UMIT/ISAG, Hall in Tirol, Österreich

Dr. Gerhard Ruedl
Assistenz Professor

Institut für Sportwissenschaft,
Bereich: Alpinsport
Universität Innsbruck
Fürstenweg 185
6020 Innsbruck
Österreich

gerhard.ruedl@uibk.ac.at