



Zusammenfassung

Bei Gelenkproblemen oder nach Gelenkersatz ist alpine Skilaf unter Beachtung gewisser Voraussetzungen weiterhin möglich und erlaubt. Bisher konnten keine negativen klinischen und radiologischen Effekte beobachtet werden. Nach erfolgreichem medizinischem Check, Aufklärung und Beratung und bei hinreichender Fitness und Erfahrung im alpinen Skilaf sollten hierbei jedoch spezifische Schontechniken eingesetzt und spezielle Taktiken am Hang berücksichtigt werden. Die Basistechnik besteht aus einer hüftbreiten Skiführung in neutraler Position und frontaler Ausrichtung mit beidseitiger Belastung bei leichter Kniebeuge. Die Schwungausrösung kann durch Vor-Seit-Kippen, Schrittstellung, Pedalieren etc. erleichtert werden. Im Schwung sollte neben dem föhrenden Außenski auch der Innenski belastet werden. Gelenkspezifische Techniken bauen darauf auf und berücksichtigen die medizinischen Vorgaben und spezifische Beeinträchtigungen.

Schlüsselwörter

Alpiner Skilaf – Schontechnik – Biomechanik – Hüftarthrose – Kniearthrose – künstliches Hüftgelenk – künstliches Kniegelenk – Wirbelsäule

T. Jöllenbeck et al.

Protecting styles in alpine skiing – Basic technique and joint-specific techniques

Summary

In case of joint problems or after joint replacement alpine skiing is possible and permitted under certain conditions from the medical point of view. So far, no negative clinical and radiological effects have been observed. After successful medical check-up, education and advice and with sufficient fitness and experience in alpine skiing, however, skiers should use specific gentle techniques and special tactics on the slope. The basic technique consists of a hip-wide ski-control in a neutral position with frontal orientation, both leg loading and slight knee bending. The turn triggering can be facilitated by

REVIEW

Schontechniken im alpinen Skilaf – Basistechnik und gelenkspezifische Techniken

Thomas Jöllenbeck^a, Christoph Schönle^b, Hubert Hörterer^c

^aKlinik Lindenplatz GmbH, Institut für Biomechanik, Bad Sassendorf, Deutschland

^bBosau, vormalig Chefarzt Klinik Lindenplatz, Bad Sassendorf, Deutschland

^cMedical Department, International Ski Federation FIS, Oberhofen/Thunersee, Switzerland

Eingegangen/submitted: 02.10.2019; akzeptiert/accepted: 29.10.2019

Online verfügbar seit/Available online: 21.11.2019

Hintergrund

Bei Gelenkproblemen wie Hüft-, Kniearthrose oder Wirbelsäulenschäden oder nach Implantation einer Hüft- oder Knie-Totalendoprothese (Hüft-/Knie-TEP) stellt sich für viele Betroffene die Frage nach weiterer sportlicher Aktivität, so auch im alpinen Skilaf. Die Möglichkeit hierzu wurde trotz wenig wissenschaftlicher Evidenz grundsätzlich bejaht, wenn entsprechende Vorgaben erfüllt sind [8,9,25]. Wesentliche Voraussetzung ist hier neben einer muskulären Vorbereitung und Erfahrung vor allem die verwendete gelenkschonende Skitechnik.

Bemühungen, das Skifahren gelenkschonender zu gestalten und den natürlichen Bewegungen des Körpers anzugleichen, gibt es schon seit fast 50 Jahren [7,15,27]. Bei der „alten Skitechnik“ wurde eine Belastung für das Hüftgelenk gemessen, die auf flacherem Gelände etwa dem 3- bis 5-fachen Körpergewicht entsprach. Bei Abfahrten mit kurzen Schwüngen in steilem Gelände stieg die Belastung bis zum 7,8-fachen Körpergewicht an. Vor allem in der Buckelpiste traten noch höhere Be-

lastungen vom 8- bis 13-fachen Körpergewicht auf [26]. Im Vergleich dazu wurde beim Gehen eine Belastung für das Hüftgelenk vom 2,5-fachen, beim Joggen vom 5-fachen und beim Stolpern vom ca. 7-fachen Körpergewicht gemessen [1,2]. Folglich wurde nur das kontrollierte, langsame Skilaf alpin als „sicher“ [26] bzw. bedingt geeignet [24] für Menschen mit einer Hüftendoprothese eingestuft. Bei äußerst geringer Datenlage konnte ein 10-Jahres-follow-up nach Hüft-TEP keine negativen Effekte des alpinen Skilaufes finden, wobei betont wird, dass es von Vorteil wäre, Schwünge mit kleinen Radien an Steilhängen oder Buckelpisten zu vermeiden [5]. Auch nach Knie-TEP konnten in einem 5-Jahres-follow-up keine negativen klinischen und radiologischen Effekte beobachtet werden, so dass alpiner Skilaf bei gutem klinischem Zustand und entsprechender Erfahrung als Freizeitsport bei mittlerem Gelände und moderatem Tempo erlaubt und empfohlen wird [4,6,20].

Standen früher Merkmale wie „Außenskielastung“ und „Vertikalbewegung“ im Vordergrund, sind heute

various measures as ahead-side-tipping, step-position of ski, pedalling etc. In addition to the leading outer ski, the inner ski is to be loaded in the swing. Joint-specific techniques have to take into account medical requirements and specific impairments.

Keywords

Alpine skiing – Protecting style – Biomechanics – Hip arthrosis – Knee arthrosis – Hip replacement – Knee replacement – Spine

Technikparameter wie „beidbeiniges Fahren“ und „ständiger Bodenkontakt“ gefragt. Zwar führt die Verkleinerung des Schwungradradius moderner Carving-Ski eigentlich zu höheren, auf den Skifahrer einwirkenden Kräften. Wird die Taillierung der Ski aber mit der Technik des Carvens verbunden und werden die Schwünge nicht geschnitten gefahren, sondern ausgerutscht, dann kann ohne besonderen Kraftaufwand und ohne größere Belastung der Gelenke ein sicheres und freudvolles Skifahren möglich werden. Skimodelle zeigen, dass Carvingski von ganz allein um die Kurve fahren, ohne dass es überhaupt muskulärer Anstrengung bedarf [27]. Anders als im alpinen Skirennlauf, bei dem die Bodenreaktionskräfte unter dem Außenbein das 2,5–3,5-fache und unter dem Innenbein das bis zu 1,5-fache Körpergewicht erreichen können [14,19], sind die Bodenreaktionskräfte bei moderaten Geschwindigkeiten grundsätzlich geringer als beim Gehen [11,22] (Abb. 1). Werden die Bodenreaktionskräfte auf beide Beine verteilt, kann modernes Skifahren im Freizeitbereich eine gelenkschonende Sportart sein.

Um Menschen, die aufgrund von Einschränkungen ihrer Kraft, ihrer Gelenke, ihrer Wirbelsäule oder nach endoprothetischem Gelenkersatz höhere Belastungen nicht mehr tolerieren oder vermeiden sollen, die Ausübung des alpinen Schneesportes weiterhin zu ermöglichen, wurden auf dieser Basis und unter Einbeziehung betroffener Skifahrer Schontechniken für gelenkschonendes Skifahren entwickelt [16], mit Messungen an einem versierten Skilehrer überprüft [11,22,23] (Abb. 2) und kontinuierlich überarbeitet. In diesem Beitrag soll nun die aktuelle Fassung der Schontechniken vorgestellt werden.

Schontechniken – die Basistechnik

Für die Entwicklung von Schontechniken gelten grundsätzlich folgenden Vorgaben:

- der „Motor“ des Skilaufs ist die Hangabtriebskraft als Komponente der Schwerkraft
- Schontechniken sind keine Renntechniken
- es ist so wenig Belastung wie möglich und nur so viel Belastung wie nötig aufzubringen und
- es ist ein Kompromiss erforderlich zwischen Belastungsreduktion und sicherer Hangbewältigung [10,23].

Bei einer Schontechnik sollten grundsätzlich Knickungen und Verdrehungen des Körpers, wie sie bei klassischen Techniken und sportlichem Skifahren sinnvoll waren, vermieden werden, weil dadurch Gelenke und Wirbelsäule erheblichen Belastungen unterworfen werden.

Schontechnik bei moderater Hangneigung

Wesentliche Grundelemente einer Schontechnik sind eine beidbeinige Belastung der Ski, eine normal hüftbreite Skiführung und eine mittlere bis nahezu aufrechter Körperposition mit leichter Vorlage und Armen in moderater Vorhalte. Die Körperquerachse sollte eine neutrale Position mit frontaler Ausrichtung einhalten. Die Schwungausslösung kann durch verschiedene Maßnahmen wie Vor-Seit-Kippen, Schrittstellung der Ski, Kantendruck des Fußes, Pedalieren usw. erleichtert werden. Im Schwung sollte unter Führung des Außenskis auch der Innenski mit bis zu 40% belastet werden.

Die Schwungeinleitung mit beidbeiniger Skibelastung erfolgt hierbei durch ein belastetes Entlasten, d.h.

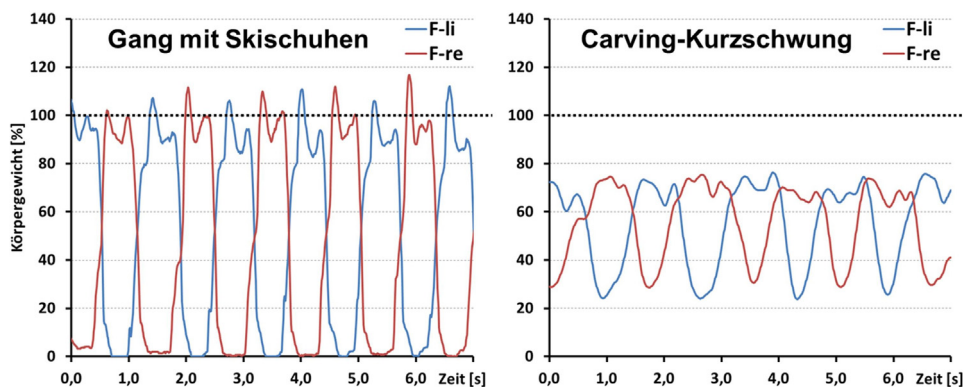


Abb. 1

Guter Skifahrer mit Hüft-TEP rechts: Vergleich der Bodenreaktionskräfte mittels Novel pedar-X Fußdruckmesssohlen in %-Körpergewicht links (F-li) und rechts (F-re) beim Gang mit Skischuhen und beim Carving-Kurzsprung, gepunktete Linie: Körpergewicht.

ein langsames „Anheben ohne Abheben“ des Innenbeines und eine gleichzeitige Streckung des Außenbeines [10]. Dadurch verlagert sich der Körperschwerpunkt in Richtung des neuen Schwunges. Unterstützt wird die Schwungeinleitung durch ein aktives oder auch passives seitliches Kippen des Oberkörpers. Passiv kann sich der Skifahrer mittels Ganzkörperkippen unter Auflösung der Spannung durch die talwärts gerichtete Komponente der Schwerkraft treiben lassen. Alternativ kann aktiv aus der Hüfte gekippt werden. Ein Abknicken der unteren Lendenwirbelsäule („Hüftknick“) sollte hierbei nur moderat durchgeführt werden. Die Aufkantung der Ski kann durch eine Ganzkörperseitneigung erfolgen. Mit etwas mehr oder weniger Aufkanten der Ski und Neigung des Körpers kann die Schwungweite gut reguliert werden. Ein nur geringes Voraudrehen des Oberkörpers (Antizipation) ist erlaubt und erwünscht, Verdrehungen sollten jedoch vermieden werden. Eine „federnde“ Körperhaltung beim Skifahren mit mäßig gebeugten Knie- und Hüftgelenken hilft, Bodenunebenheiten auszugleichen. Die Schwünge sollten nicht geschnitten („carven“) gefahren, sondern ausgerutscht werden, um extremen Kurvendruck zu vermeiden und so die Ge-

schwindigkeit zu dosieren und die Belastung zu reduzieren.

Schontechnik bei schwierigem Gelände

Je schwieriger sich die Schwungausrückung durch oftmals unvermeidbare situative Gegebenheiten wie steile Pistenabschnitte, Sulzschnee etc. darstellt, desto hilfreicher sind leichte Modifikationen der Technik. Bei steilerem Gelände sollte die Bewegung des Körpers talseitig nach vorne ausgerichtet sein, der Oberkörper darf etwas intensiver voraudrehen (Vorsicht bei Wirbelsäulenschäden) und eine aktive Vorlage ist notwendig zur Skiführung. Bei eisigen Schneebedingungen sollte der Belastungsdruck nicht geändert, die Körperspannung nicht erhöht und die Rutschphase, die bei modernen Carvingski durch die Taillierung relativ kurz ausfällt, abgewartet werden. Die Ski rutschen so auf der Tangente eines sich erweiternden Kreises nach außen, ohne dass Mehraufwendungen an Kraft erforderlich wären.

Gelenkspezifische Schontechniken

Zusätzlich zur Basistechnik sind bei Gelenkbeschwerden an Rücken, Hüfte oder Knie oder auch nach endoprothetischem Gelenkersatz weitere,

an das Beschwerdebild angepasste spezifische Technikformen einzusetzen und zu beachten. Es gilt die Prämisse:

„Es gibt nicht die Schontechnik für das Individuum Mensch, sondern das Individuum Mensch mit seinen individuellen Bewegungsproblemen verlangt nach seiner individuellen Schontechnik [12].“

Schontechnik Hüfte

Eine Schontechnik Hüfte sollte grundsätzlich so ausgerichtet sein, dass einseitige Belastungen des Hüftgelenkes und erhöhte Gelenkbelastungen durch einen vermehrten Hüftknick vermieden werden.

Skifahren mit Hüftbeschwerden oder Hüftarthrose

Bei Arthrose der Hüfte können Belastungen beim Gehen oder Laufen zu Schmerzen führen, das Stehen hingegen reduziert die Belastung auf die Hüfte deutlich. Daher ist es sinnvoll, bei hüftbreiter Skistelung beide Ski kontinuierlich zu belasten. Die hierbei auftretenden Bodenreaktionskräfte und resultierenden Hüftgelenkbelastungen sind selbst bei sportlicher Fahrweise



Abb. 2

Rucksack mit integrierter Messtechnik, bestehend aus Fußdruckmesssohlen (Novel pedar-X), Goniometern (Kniewinkel), Beschleunigungs- und Neigungssensoren (Oberschenkel und Skischuhen, oben links) und Messfahrt (unten rechts).

meist niedriger als beim Gehen und können ohne Hüftknick sogar noch weiter reduziert werden [22]. Ein moderater Hüftknick ist allerdings erlaubt, die Anwendung hängt jedoch von den Beschwerden ab. Ein alleiniges Kippen des Oberkörpers kann auf jeden Fall das Carven ermöglichen, ohne dass die Hüftbelastung deutlich ansteigt. Der Schneepflug sollte hingegen ver-

mieden werden, weil dazu eine starke Anspannung der kleinen Hüftmuskeln erforderlich ist. Weiter sollten Knie- und Sprunggelenke moderat gebeugt sein, um Stöße abzufedern, eine leichte bis mäßige Vorlage mit mäßig nach vorne orientierten Händen, durchaus auch in diagonalen Führung, sollte eingehalten werden und extremer Kurvendruck ist zu vermeiden.

Skifahren mit Hüftendoprothese (Hüft-TEP)

Beim Skifahren mit Hüft-TEP ist auf eine moderate Knie- und Sprunggelenkbeugung zu achten. Rotationskräfte durch Verdrehungen und extreme Gelenkpositionen sollten allerdings vermieden werden, um eine Luxation der Hüft-TEP zu verhindern, die auch noch nach Jahren auftreten kann. Ebenso sind seitliche Stürze auf den Trochanter major gefährlich und unbedingt zu vermeiden, weil durch die Krafteinwirkung Femur oder Hüft-TEP brechen können. Hüftprotektoren oder eine Protektoren Hose zum Schutz der Hüfte werden daher dringend empfohlen [13].

Schontechnik Knie

Für das Kniegelenk ist vor allem das Kurvenfahren sehr belastend, weil nach Überfahren der Falllinie und mit abnehmendem Kurvenradius bedingt durch die Fliehkraft zunehmend große Kräfte auftreten, die von den Beinmuskeln kompensiert werden müssen. Eine Schontechnik Knie sollte daher grundsätzlich so ausgerichtet sein, dass die Kompressionskräfte auf das Femuro-Tibialgelenk und das Patella-Gleitlager ebenso wie die Belastungen von Quadrizeps- und Patellar-Sehne möglichst weit reduziert und einseitige Mehrbelastungen des lateralen Knie-Kompartiments vermieden werden.

Skifahren mit Kniebeschwerden oder Kniearthrose

Kniebeschwerden äußern sich weniger in Kniestreckstellung, sondern überwiegend in Kniebeugestellungen und nehmen mit zunehmender Kniebeugung zu. Während im Stand bei gestrecktem Kniegelenk das Patello-Femoral-Gelenk ebenso wie die Quadrizeps-

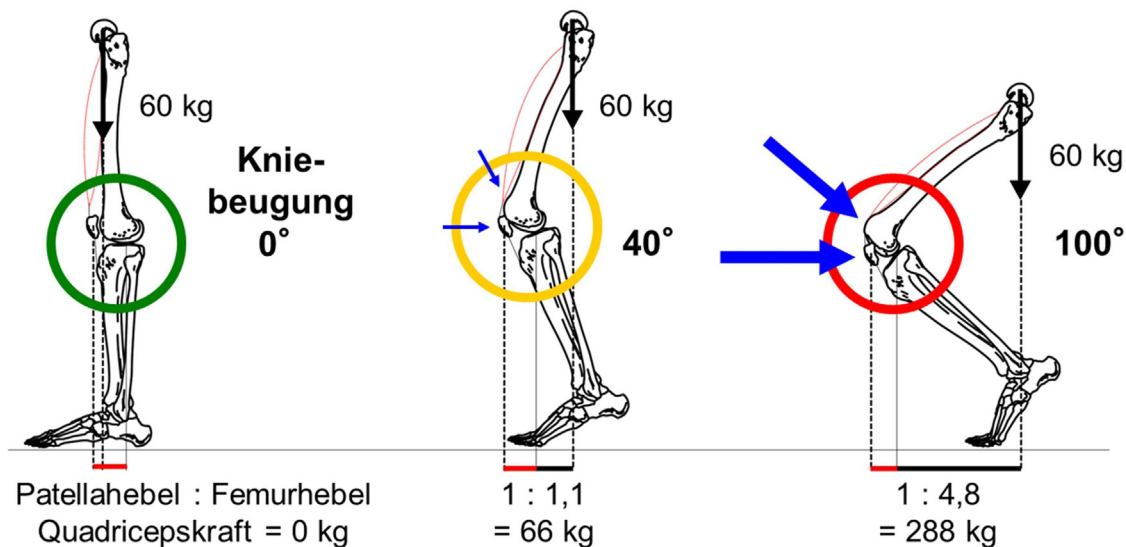


Abb. 3

Schematische Darstellung der bei zunehmendem Kniewinkel deutlich zunehmenden Kompressionskräfte auf Patella-Gleitlager und Femuro-Tibial-Gelenk; modifiziert nach [21].

und Patellar-Sehne entlastet sind und das Femuro-Tibial-Gelenk einzig durch das Körpergewicht belastet wird, kommt es mit zunehmender Kniebeugung auch zu einer deutlich zunehmenden Anspannung der Sehnen wie einer zunehmenden Kompression des Patello-Femoral- und Femuro-Tibial-Gelen-

kes. So erreicht die Kompression des Patello-Femoral-Gelenkes bei 40°-Kniebeugung das 1,1-fache Körpergewicht und steigt bei 100° bereits auf das 4,8-fache Körpergewicht an [21] (Abb. 3). Zwar ist eine Kniebeugung beim Skifahren für die Skiführung und Federwirkung der Beine erforderlich, von einer zu

starken Kniebeugung ist hingegen abzuraten. So konnte gezeigt werden, dass sich die Belastung des Femuro-Tibial- und des Retropatellar-Gelenkes bei entsprechender Schontechnik Knie durch einen um ca. 20° reduzierten Kniebeugewinkel bereits um rund 50% verringern lässt [11] (Abb. 4).

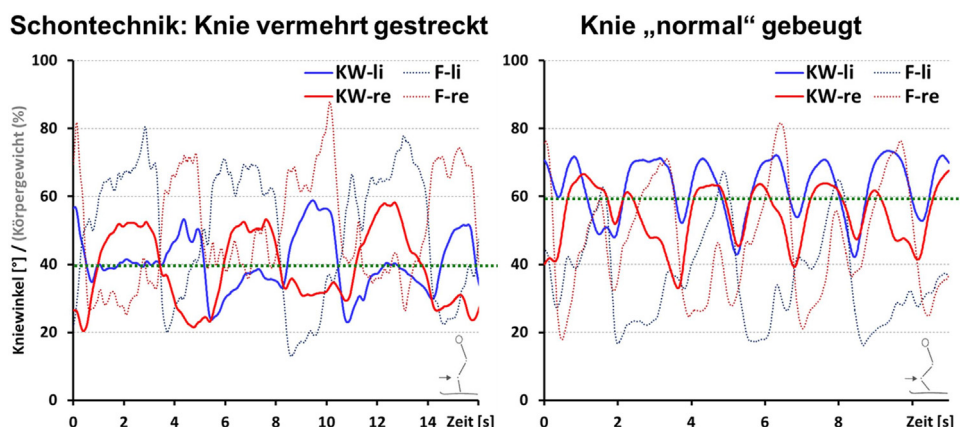


Abb. 4

Kniewinkelverlauf links (KW-li) und rechts (KW-re) bei mittleren Schwungraden: mittlerer Kniebeugewinkel (gepunktete Linien) mit Schontechnik ca. 40° (links), mit normaler Technik ca. 60° (rechts), Kräfte/Belastungsverteilung in %-Körpergewicht (gepunktete Kurven links: F-li und rechts: F-re) ähnlich, mit Schontechnik Steuerqualität schlechter („unrunder“) und Schwungdauer länger.

Neben der Kniebeugstellung führt auch eine zunehmende Rücklage des Oberkörpers durch die Verlagerung des Körperschwerpunktes nach hinten und die daraus resultierenden ungünstigen Hebelverhältnisse zu einer sehr großen Belastung der Kniegelenksstrukturen. Daher ist der Körperschwerpunkt durch eine stärkere Vorlage nach vorne zu verlagern und eine Rücklage unbedingt zu vermeiden. Auch das Aufstehen nach einem Sturz über die Rücklage ist sehr belastend. Daher sollten vor dem Aufstehen besser die Ski abgeschnallt werden.

Weiterhin führt ein Knie-Knick bzw. eine Knie-Rotation als Steuerungselement im Kurvenverlauf zu einer deutlichen Mehrbelastung und Kompression des lateralen Knie-Kompartiments und sollte daher nur moderat eingesetzt werden [11]. Wenn die Kniegelenke beim Steuern der Kurve verstärkt belastet werden, dann sollte das belastete Kniegelenk möglichst wenig gebeugt sein. Aus diesem Grund ist bei Patienten mit Knieproblemen eine gleichmäßige Belastung von Innen- und Außenski nicht zu empfehlen. Eine stärkere Belastung des Außenskis in nur leichter Beugstellung setzt aber voraus, dass keine größeren Achsabweichungen im Kniegelenk vorhanden und die Knie-Bänder stabil sind. Zudem ist ein leichter bis mäßiger Hüftknick erlaubt, die Hände sollten entsprechend mäßig bis deutlich nach vorn, durchaus auch in diagonalen Führung, gehalten werden.

Skifahren mit Knieendprothese (Knie-TEP)

Die Führung der Patella stellt das Hauptproblem der Knieendoprothetik dar [17], etwa 30–40% aller Komplikationen betreffen das Patella-gleitlager [18]. Beim Skifahren lassen sich (leichte) Rotationsbewegungen und Varus- oder Valgus-Stel-

lungen des Kniegelenkes nicht vermeiden. Damit treten nicht nur auf die Patella, sondern auch auf das Kunststoff-Inlay, das bei einer Knie-TEP weicher ist als das Kunststoff-Inlay einer Hüftendoprothese, Scher- und Rotationskräfte auf. Mit diesen erhöht sich beim Skifahren für Patienten mit Knie-TEP das Lockerungsrisiko und ein erhöhter Inlay-Abrieb ist möglich. Neben einer nur moderaten Kniebeugung ist daher vor allem auf einen nur moderaten Knie-Knick und eine nur moderate Knie-Rotation zu achten. Schließlich kann auch ein Sturz auf das Kniegelenk zu schweren Komplikationen führen. Ein Abbruch der Kanten des Inlays und eine Subluxation der Prothese sind möglich.

Schontechnik Rücken

Eine Schontechnik Rücken sollte so ausgerichtet sein, dass die individuelle Schmerzempfindung und Schmerzintensität durch ein rücken-schonendes Verhalten reduziert oder vermieden werden. Dazu sind stärkere Bewegungsausschläge der Wirbelsäule mit betonten Beckenrotationen, stärkerem Hüft- und Lendenwirbelsäulenknicke oder starker Oberkörpervorbeugung möglichst zu vermeiden.

Skifahren mit Rückenbeschwerden

Beim alpinen Skifahren vor allem bei holpriger Piste bzw. in der Buckelpiste können insbesondere die Vor- und Rückneigung sowie die Rotation der Wirbelsäule zu Rückenschmerzen bzw. Rückenschäden führen [3]. Daher ist es auch beim Skifahren grundsätzlich notwendig, durch ein rücken-schonendes Verhalten wie beispielsweise den Verzicht auf eine Haltung mit vorgebeugtem Oberkörper und die Unterlassung von ausge-dehnten Bewegungen der Lenden-

wirbelsäule die Schmerzintensität zu verringern.

Skitechniken, die mit einer betonten Beckenrotation, mit einem stärkeren Hüft- und Lendenwirbelsäulenknicke, oder mit einer starken Vorbeugung des Oberkörpers verbunden sind, sollten bei Rückenkrankheiten unterlassen werden. Da die Wirbelsäule aus mehr als 30 verschiedenen Segmenten besteht, die jeweils einige Grad an Rotation zulassen, ist auch bei Krankheiten der Lendenwirbelsäule eine leichte Rotation (10–20°) der Brustwirbelsäule (z.B. zur Antizipation des Oberkörpers) beim Skifahren erlaubt. Dabei kommt keine Rotationskomponente mehr in der Lendenwirbelsäule an, weil jedes Brustwirbelsegment schon für sich allein etwa 3–4° rotieren kann. Rotationen der Lendenwirbelsäule, die beim Skifahren z.B. bei Verdrehungen der Beine und Beckenregion etwa durch „Gegendrehen“ oder „Beckenverwindung“ entstehen können, sind hingegen nicht sinnvoll.

Beim Vorliegen von Rückenschmerzen kann zunächst versucht werden, eine Neutralhaltung einzuüben, die einer harmonischen Krümmung der Brust- und Lendenwirbelsäule innerhalb von normalen, individuellen Grenzen entspricht. Gelegentlich lassen sich Rückenschmerzen im Sport (etwa beim Radfahren) lindern, wenn in Abhängigkeit von der pathologischen Ursache der Wirbelsegment-schmerzen bewusst entweder eine stärkere Hohlkreuzhaltung oder ein stärkerer Rundrücken eingehalten werden. Daher kann auch beim Skifahren eine betonte Hohlkreuzbildung oder aber ein leicht betonter Rundrücken ausprobiert und bei Erfolg eingehalten werden. Die schmerzlindernde Wirkung eines Korsetts ist bei einigen Sportarten festgestellt worden. Bei Menschen mit stärkeren Schmerzen wie z.B. mit Gefügelockerungen, Wirbelgleiten oder

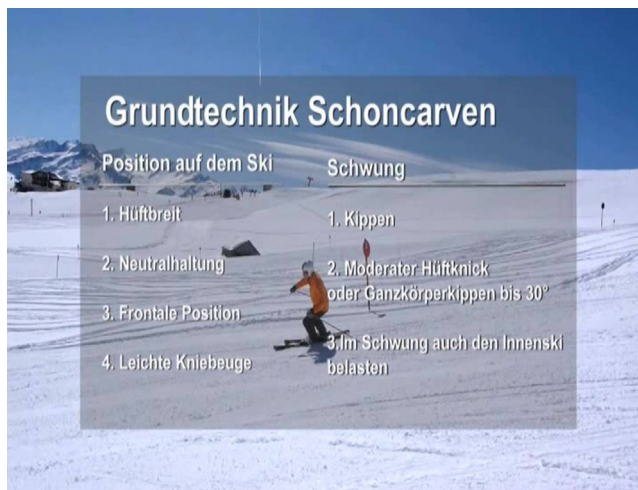


Abb. 5

Lehrfilm „Schontechniken beim Skifahren“ nach [16], s.a. Reportage „Schonend Skifahren“ nach [16,23].

instabilen Bandscheiben wäre daher auch das Tragen eines Korsetts beim Skifahren zu überlegen.

Wesentliche Elemente einer die Wirbelsäule schonenden Skitechnik sind daher die Erarbeitung einer individuellen schmerzfreien Neutralstellung des Rückens und eine gleichmäßige oder abwechselnde Belastung beider Beine mit hüftbreiter Skiführung. Die Oberkörperposition sollte möglichst aufrecht sein, nur eine leichte Vorlage ist erlaubt und Torsionen oder Seitneigungen im Becken-Lendenwirbelsäulen-Bereich sind unbedingt zu vermeiden. Hüfte, Knie und Sprunggelenke sollten gebeugt sein, um Stöße abzufedern, die Hände sollten an den Körper angehängt und nicht nach vorne geführt werden, evtl. ist ein Korsett zu überlegen.

Voraussetzungen und Richtlinien für gelenkschonendes Skifahren

Schontechniken im alpinen Skilauf können nur dann erfolgreich und hilfreich sein, wenn bestimmte Empfehlungen hinsichtlich der erforder-

lichen individuellen Voraussetzungen und Richtlinien hinsichtlich der äußeren Rahmenbedingungen und der verwendeten Ausrüstung, aber auch der inneren Einstellung eingehalten werden.

Allgemeine Voraussetzungen

Als allgemeine Voraussetzung ist eine gute Fitness mit Ausdauer, Kraftausdauer, Koordination und Beweglichkeit erforderlich. Ein frühzeitig begonnenes Ganzjahrestraining, z.B. mit (Nordic) Walking, Radfahren, Crosstrainer etc. zur Vorbereitung ist sehr empfehlenswert.

Spezielle Voraussetzungen bei Endoprothese

Als spezielle Voraussetzung bei Endoprothese ist alpinen Skilauf generell nur mit Einschränkungen erlaubt. So sollte diese Sportart nicht neu begonnen werden, sondern ist nur für Wiedereinsteiger mit bereits ausreichend Erfahrungen und guter Technik ohne übermäßige Angst geeignet. Der Wiedereinstieg sollte nicht alleine erfolgen, sondern erst nach medizinischer Aufklärung und Beratung sowie unter Anleitung durch in der Sportart erfahrene Ex-

perten wie Orthopäden, Physiotherapeuten und Skilehrer. Der Beginn sollte frühestens 6-9 Monate postop und nur nach Kontrolle von optimalem Prothesensitz, Gelenkstabilität, ausreichender Beweglichkeit, entsprechender Fitness und muskulären Verhältnissen (Check durch Experten) bei normalen Entzündungsparametern und ohne andere medizinische Risikofaktoren erfolgen. Regelmäßige medizinische inkl. radiologischer Nachkontrollen werden empfohlen [25].

Allgemeine Richtlinien

Als Richtlinien sind vor Beginn, aber auch während eines Skitages regelmäßig die äußeren Bedingungen wie das Wetter und die Sicht, die Pisten- und Schneebeschaffenheit, die Hangneigung, aber auch der Betrieb auf der Piste kritisch zu prüfen. Sind ein oder mehrere dieser Faktoren erschwert wie z.B. durch schlechte Sicht oder überfüllte Pisten, sollten immer Alternativen wie z.B. eine Pause erwogen und eine Verbesserung der Bedingungen abgewartet werden.

Skitaktik

Aus taktischen Erwägungen heraus sollten nach Möglichkeit steile Hänge, Buckelpisten, Tiefschnee, harte und eisige oder stark sulzige Pisten, Sprünge oder hohe bis sehr hohe Geschwindigkeiten ebenso wie Stürze oder Kollisionen mit anderen Skifahrern oder Snowboardern vermieden werden. So konnten z.B. auf harten, eisigen Pisten durch ruppige Schläge vom Boden und ein „Rupfen“ der Ski sehr hohe Kraftspitzen vom bis zum 17-fachen KG gemessen werden [11]. Zudem sollten Müdigkeit, muskuläre Ermüdung und Gruppendruck vermieden und regelmäßige Erholungspausen eingelegt werden. Wenn die äußeren Bedingungen zu schlecht werden, sollte das Skifahren unterlassen werden.

Da sich durch die situativen Gegebenheiten insbesondere steilere Pisten nicht immer vermeiden lassen, sollte als „Notfalltechnik“ in Ergänzung zu den Schontechniken ein vermehrtes Vorausschauen und eine Körperausrichtung zum Tal mit beiden Händen in Vorhalten eingesetzt werden verbunden mit der Geduld, eine möglichst freie Piste abzuwarten.

Skiausrüstung

Von der Ausrüstung her muss das System aus Ski, Skibindung und Skischuhen als Einheit Belastungen reduzieren können. Es empfehlen sich Ski, die kurz, tailliert und mit einem kleinen Kurvenradius (10–14m) leicht drehbar sind, eine Skibindung, deren Einstellung leichter auslösend und auf die geringere Belastungs- und Schmerztoleranz bzw. auf Prothesen ausgerichtet ist, sowie Skischuhe, die weich sind, über viel Beugung, d.h. einen guten Flex verfügen, Zurichtungsmöglichkeiten bieten, ein beidbeiniges Fahren mit vermehrter Innenskielastung sowie ein Gehen, Stehen und Fahren in aufrechter Position ermöglichen. Speziell nach Hüft-TEP sind Hüftprotektoren sehr empfehlenswert [13].

Ausblick

Durch die vorgestellten Schontechniken steht dem Skifahrer ein „Menu“ zur Verfügung, wie er mit verschiedenen Haltungs- und Positionsänderungen die Piste bzw. das Gelände schonend, d.h. mit reduzierter Gelenkbelastung bewältigen kann. Die Technikelemente können je nach individueller Beeinträchtigung und Schweregrad aber auch Erschöpfungszustand miteinander kombiniert oder in Teilen weggelassen werden, zugehörige Lehrfilme sind verfügbar (Abb. 5).

Weitere Verbesserungen zur Skitechnik bzw. die Anpassung an individuelle Gegebenheiten der Skifahrer sind Gegenstand der Forschung. Eine leicht in der Längsachse der Ski nach vorn verschobene Position der Bindung kann die Drehbarkeit und das Komfortgefühl beim Fahren erhöhen. Auch die Rotationsstellung der Beine kann durch Änderung der Schuhposition im Ski in gewissen Grenzen korrigiert werden. Diese sollte insbesondere auch nach operativ veränderter Rotationsstellung an die entspannte Fußstellung möglichst weit angenähert werden. Es ist anzunehmen und zu hoffen, dass die weitere Entwicklung des Skimaterials und der Fahrtechniken einen noch besser auf den Menschen abgestimmten Bewegungsablauf ermöglichen werden.

Medien

Basierend auf den entwickelten Schontechniken wurden verschiedene Medien erstellt und aktualisiert sowie werden spezielle Programme und Kurse angeboten. Reportage „Schonend Skifahren“ nach [16,23]

- https://www.healthtv.de/sendungen/44/Reportage/834/Schonend_Skifahren_Teil_1.html
- https://www.healthtv.de/sendungen/44/Reportage/835/Schonend_Skifahren_Teil_2.html

Patienteninformation der GOTS

- https://www.gots.org/wp-content/uploads/2018/12/Patienteninformationen_Ski-Alpin-Generelle-Empfehlung_final.pdf

Spezielles Technik-Taktik-Methodik-Programm / spezielle Skikurse

- SPORTS Vereinigung für Wintersport e.V.
- Deutscher Skilehrer Verband DSLV
- Deutscher Skiverband DSV

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

- [1] G. Bergmann, A. Bender, J. Dymke, G. Duda, P. Damm, Standardized Loads Acting in Hip Implants, PLoS ONE 11 (2016) e0155612.
- [2] G. Bergmann, A. Bender, F. Graichen, J. Dymke, A. Rohmann, A. Trepczynski, et al., Standardized loads acting in knee implants, PLoS ONE 9 (2014) e86035.
- [3] K.A. Bergström, K. Brandseth, S. Fretheim, K. Tvilde, A. Ekeland, Back injuries and pain in adolescents attending a ski high school, Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 12 (2004) 80–85.
- [4] J.A.L. Calbet, Good news for skiers with total knee arthroplasty, Scand J Med Sci Sports 25 (Suppl 2) (2015) 1–2.
- [5] N. Gschwend, T. Frei, E. Morscher, B. Nigg, J. Loehr, Alpine and cross-country skiing after total hip replacement: 2 cohorts of 50 patients each, one active, the other inactive in skiing, followed for 5–10 years, Acta Orthop Scand 71 (2000) 243–249.
- [6] T. Hofstaedter, C. Fink, U. Dorn, B. Pötzelsberger, C. Hepperger, K. Gordon, E. Müller, Alpine Skiing With total knee ArthroPlasty (ASWAP): clinical and radiographic outcomes, Scand J Med Sci Sports 25 (Suppl 2) (2015) 10–15.
- [7] H. Hörterer, K.U.R. Das, -Programm - Ein neuer Aspekt im alpinen Skisport, Therapiewoche Sport und Medizin (1990) 62–66.
- [8] H. Hörterer, Skifahren nach Gelenkersatz? MMW - Fortschritte der Medizin 149 (2007) 14.
- [9] H. Hörterer, Sport nach endoprothetischer Versorgung, In: M. Engelhardt Sportverletzungen: Diagnose Management und Begleitmaßnahmen. Elsevier Urban & Fischer München, 3. Aufl. (2016) 31–34.
- [10] Jöllenbeck T Biomechanik Teil I: Grundlagen des Skifahrens, In: C. Raschka, L. Nitsche, W. Kuchler, Ski-

- und Snowboardmedizin Wulff Dortmund 2019 105–109
- [11] T. Jöllenbeck, C. Schönle, Schontechniken im alpinen Skilauf - biomechanische Einzelfallstudie zur Abschätzung möglicher Effekte, Dt. Z. Sportmed 63 (2012) 249.
- [12] T. Jöllenbeck, C. Schönle, Schontechniken im alpinen Skilauf, In: I. Bach, G. Schoder, Skilauf und Snowboard in Lehre und Forschung, Feldhaus Hamburg (2015) 163–171.
- [13] T. Jöllenbeck, C. Schönle, J. Pietschmann, Schutzwirkung von Hüft- und Rückenprotektoren für Alltag und Sport? Sports Orthopaedics and Traumatology 33 (2017) 286–292.
- [14] M. Klous, E. Müller, H. Schwameder, Lower extremity joint loading in carved ski and snowboard turns. In: H. Menzel, M. Chagas, 25 International Symposium on Biomechanics in Sports, Ouro Preto Brasil 2007. p. 91–94.
- [15] W. Kuchler, D. Menne, Carven - Der Skikurs für Einsteiger und Umsteiger, Rowohlt Reinbek, 3. Aufl. (2002).
- [16] W. Kuchler, C. Schönle, T. Jöllenbeck, A. Grünenkle, H. Heckers, J. Kiesow, et al., Schontechniken beim Skifahren. In: BTB Bildungswerk für therapeutische Berufe, Ausbildung zum Fitnesstrainer B- und A-Lizenz: Lehrbrief sp-1232, Remscheid (2011) 1–55.
- [17] H.P. Kutschera, W. Lack, M. Buchelt, L. Preyer, Die Patellaposition nach Knieendoprothese. Eine mittels Radiologie und Computertomographie kontrollierte Studie, Z Orthop 136 (1998) 162–165.
- [18] U. Malzer, P. Schuler, Die Komponentenausrichtung beim Oberflächenersatz des Kniegelenkes, OUP 34 (1998) 141–148.
- [19] E. Müller, U. Benko, C. Raschner, H. Schwameder, Specific fitness training and testing in competitive sports, Med Sci Sports Exerc 32 (2000) 216–220.
- [20] B. Pötzelsberger, T. Stöggl, P. Scheiber, S.J. Lindinger, J. Seifert, C. Fink, E. Müller, Alpine Skiing With total knee ArthroPlasty (ASWAP): symmetric loading during skiing, Scand J Med Sci Sports 25 (Suppl 2) (2015) 60–66.
- [21] C. Schönle, Rehabilitation, Thieme Stuttgart, 2004.
- [22] C. Schönle, T. Jöllenbeck, Gelenkkräfte auf die Hüfte beim Carven, Dt Z Sportmed 63 (2012) 249.
- [23] C. Schönle, T. Jöllenbeck, W. Kuchler, Schontechniken für Gelenke und Wirbelsäule beim alpinen Skifahren OUP (2014) 544–553.
- [24] S. Simmel, H. Hörterer, T. Horstmann, Sport nach Hüft-Totalendoprothese – Expertenmeinung versus Patientenrealität, Dt Z Sportmed 59 (2008).
- [25] T. Fischer, W. Mittelmeier, D. Kluess, T. Jöllenbeck, H. Hörterer, C. Grim, Sport und Endoprothese Sports Orthopaedics and Traumatology 35 (2019) 123–129.
- [26] Van den Bogert, J. Anton, L. Read, B.M. Nigg, An analysis of hip joint loading during walking, running, and skiing, Med Sci Sports Exerc 31 (1999) 131–142.
- [27] H. Zehetmayer, Versuche mit Skimodellen Wissenschaftliche Zeitung für Leibeserziehung und Sport (1989).

Korrespondenzadresse:

Klinik Lindenplatz GmbH. Institut für Biomechanik. Weslarner Straße 29. 59505 Bad Sassendorf. Tel.: +49 2921 501-3414. Fax: +49 2921 501-4310. Web: www.klinik-lindenplatz.de/institut-fuer-biomechanik E-Mail: Thomas.Joellenbeck@klinik-lindenplatz.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect