

## Schontechniken im alpinen Skilauf

---

### 1 Einleitung

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 Skilauf. Die Möglichkeit hierzu wurde in den letzten Jahren grundsätzlich bejaht, wenn entsprechende Vorgaben erfüllt sind. 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 mehr als 40 Jahren (Zehetmayer, 1990; Kuchler, 2002). Bei der "alten Skitechnik" wurde eine Belastung gemessen, die auf flacherem Gelände etwa dem 3-5-fachen Körpergewicht (KG) entsprach. Bei steileren Abfahrten stieg die Belastung bis zum 7,8-fachen bei kurzen Schwüngen in steilem Gelände an. Vor allem in der Buckelpiste traten noch höhere Belastungen vom 8-13-fachen KG auf (van den Bogert, Read & Nigg, 1999). Im Vergleich dazu wurde beim Gehen eine Gelenkkraft vom 2,5-fachen KG und beim Laufen mit 12,6 km/h vom 5,2-fachen KG gemessen. Folglich wurde nur das kontrollierte, langsame Skilaufen alpin als „sicher“ für Menschen mit einer Hüftendoprothese eingestuft (van den Bogert et al., 1999).

Standen früher Merkmale wie „Außenskibelastung“ und „Vertikalbewegung“ im Vordergrund, sind heute 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 mit der Technik des Carvens verbunden, kann aber 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 (Zehetmayer, 1990). Insgesamt zeigt modernes Skifahren, bei dem in der Kurvenfahrt beide Beine belastet werden, auch bei Skirennfahrern nur eine Belastung des Außenskis von bis zum 3,5-fachen und des Innenskis vom bis zu 1,5-fachen KG (Müller, Benko, Raschner & Schwameder, 2000; Klous, Müller & Schwameder, 2007). Auch die Bodenreaktionskräfte sind bei moderaten Geschwindigkeiten grundsätzlich geringer als beim Gehen. Modernes Skifahren im Freizeitbereich kann somit eine gelenkschonende Sportart sein (Jöllenneck & Schönle, 2012; Schönle & Jöllenneck, 2012).

Um Menschen, die aufgrund von Einschränkungen ihrer Kraft, ihrer Gelenke oder der Wirbelsäule höhere Belastungen nicht mehr tolerieren, die Ausübung des alpinen Schneesportes weiterhin zu ermöglichen, wurden auf dieser Basis Schontechniken für gelenkschonendes Skifahren entwickelt und mit Messungen an einem versierten Skilehrer überprüft (Schönle, Jöllenneck & Kuchler, 2014).

## 2 Grundtechnik der Schontechnik

Für die Entwicklung von Schontechniken gelten grundsätzlich folgenden Vorgaben:

- „Motor“ ist die Hangabtriebskraft als Komponente der Schwerkraft,
- Schontechniken sind keine Renntechniken,
- so wenig Belastung wie möglich und nur so viel Belastung wie nötig,
- Kompromiss zwischen Belastungsreduktion und sicherer Hangbewältigung.

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.

### *Grundtechnik bei moderater Hangneigung*

Wesentliche Grundelemente einer Schontechnik sind eine beidbeinige Belastung der Ski, eine hüftbreite Skiführung und eine mittlere Körperposition mit leichter Vorlage. Die Körperquerachse sollte eine neutrale Position mit frontaler Ausrichtung einhalten. Die Schwungausrückung 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 Innen-ski etwas belastet werden.

Die Schwungeinleitung mit beidbeiniger Skibelastung erfolgt hierbei durch ein belastetes Entlasten (langsames „Anheben ohne Abheben“) des Innenbeines und eine gleichzeitige Streckung des Außenbeines. 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 lässt sich der Skifahrer mittels Ganzkörperkippen unter Auflösung der Spannung durch die talwärts gerichtete Komponente der Schwerkraft treiben. 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 Vorausdrehen des Oberkörpers (Antizipation) ist erlaubt. Eine „federnde“ Körperhaltung beim Skifahren mit mäßig gebeugten Knie- und Hüftgelenken hilft, Bodenunebenheiten auszugleichen. Rutschen ist erlaubt, um die Geschwindigkeit zu dosieren.

### *Grundtechnik bei schwierigem Gelände*

Je schwieriger sich die Schwungausrückung durch oftmals unvermeidbare situative Gegebenheiten wie steile Piste, Sulzschnee etc. darstellt, desto hilfreicher ist eine leichte Antizipation (Vorsicht bei Wirbelsäulenschäden).

Bei steilerem Gelände sollte die Bewegung des Körpers talseitig nach vorne ausgerichtet sein, der Oberkörper darf etwas intensiver vorausdrehen (Vorsicht bei Wirbelsäulenschäden), 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 Grundtechnik 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.*

## **3 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 (Schönle et al., 2014). Daher ist es sinnvoll, bei hüftbreiter Skistellung beide Ski kontinuierlich zu belasten. Die hierbei auftretenden Bodenreaktionskräfte und resultierenden Hüftgelenksbelastungen sind selbst bei sportlicher Fahrweise meist niedriger als beim Gehen und können ohne Hüftknick sogar noch weiter reduziert werden (Schönle & Jöllenbeck, 2012). 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 vermieden werden, weil dazu eine starke Anspannung der kleinen Hüftmuskeln erforderlich ist.

Weiter sollten Knie- und Sprunggelenke leicht gebeugt sein, um Stöße abzufedern, eine leichte bis mäßige Vorlage mit mäßig nach vorne orientierten Händen, durchaus auch in diagonaler Führung, sollte eingehalten werden und extremer Kurvendruck ist zu vermeiden.

### *Skifahren mit Hüftendoprothese (Hüft-TEP)*

Nach Implantation einer Hüft-TEP und einer Wartezeit von etwa 6 Monaten, bis die Hüfte fest eingewachsen ist, sind bestimmte Sportarten wieder möglich, alpiner Skilauf wird hierbei als bedingt geeignet eingeschätzt (Simmel, Hörterer & Horstmann, 2008). Da die beschriebene Schontechnik hüftfreundlich ist, bestehen aus ärztlicher Sicht fast keine Einwände gegen ein Skifahren mit Hüft-TEP. Allerdings sollten Rotationskräfte durch Verdrehungen und extreme Gelenkpositionen vermeiden 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 Protektorenhose zum Schutz der Hüfte sind daher notwendig.

## 4 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-Tibial-Gelenk und das Patella-Gleitlager ebenso wie die Belastungen von Quadrizeps- und Patellar-Sehne möglichst weit reduziert und einseitige Mehrbelastungen des lateralen Knie-Kompartments vermieden werden.

### *Skifahren mit Kniebeschwerden oder Kniearthrose*

Kniebeschwerden äußern sich weniger in Kniestreckstellung, sondern überwiegend in Kniebeugstellungen und nehmen mit zunehmender Kniebeugung zu. Während im Stand bei gestrecktem Kniegelenk das Patello-Femoral-Gelenk ebenso wie die Quadrizeps- 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-Gelenkes. So erreicht die Kompression des Patello-Femoral-Gelenkes bei 40°-Kniebeugung das 1,1-fache KG und steigt bei 100° bereits auf das 4,8-fache KG an (Schönle, 2004). Zwar ist eine Kniebeugung beim Skifahren für die Skiführung und Federwirkung der Beine erforderlich, von einer zu starken Kniebeuge ist hingegen abzuraten. So konnte gezeigt werden, dass sich die Belastung des Femuro-Tibial- und des Retro-patellar-Gelenkes bei entsprechender Schontechnik Knie durch einen um ca. 20° reduzierten Kniebeugewinkel bereits um rund 50% verringern lässt (Jöllenbeck & Schönle, 2012).

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. Eine Rücklage ist daher 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 als Steuerungselement im Kurvenverlauf zu einer deutlichen Mehrbelastung und Kompression des lateralen Knie-Kompartments und ist ebenso möglichst zu vermeiden (Jöllenbeck & Schönle, 2012). Wenn die Kniegelenke beim Steuern der Kurve verstärkt belastet werden, dann sollte das belastete Kniegelenk möglichst gestreckt sein. Aus diesem Grund ist bei Patienten mit Knieproblemen eine gleichmäßige Belastung von Innen- und Außenski nicht zu empfehlen. Die stärkere Belastung des Außenskis in annähernder Streckstellung setzt aber voraus, dass keine größeren Achsabweichungen (X-oder O-Bein) im Kniegelenk vorhanden und die Knie-Bänder stabil sind.

Als wesentliche Elemente einer Schontechnik Knie sollten also deutliche Kniebeugungen vermieden, das Außenbein bei breiter Skiführung möglichst gestreckt und vermehrt belastet sowie das gebeugte Innenbein möglichst gering belastet werden. Der Körperschwerpunkt ist durch eine stärkere Vorlage nach vorne zu verlagern, eine Rücklage ist unbedingt zu vermeiden und ein einwärts gerichteter Knieknick in

der Steuerphase ist zu unterlassen. Zudem ist ein leichter bis mäßiger Hüftknick erlaubt, die Hände sollten entsprechend mäßig bis deutlich nach vorn - durchaus auch diagonal - gehalten werden.

### *Skifahren mit Knieendprothese (Knie-TEP)*

Die Führung der Patella stellt das Hauptproblem der Knieendoprothetik dar (Kutschera, Lack, Buchelt & Preyer, 1998), etwa 30-40% aller Komplikationen betreffen das Patellagleitlager (Malzer & Schuler, 1998). Beim Skifahren lassen sich (leichte) Rotationsbewegungen und Varus- oder Valgus-Stellungen 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. Daher erhöht sich beim Skifahren für Patienten mit Knie-TEP das Lockerungsrisiko und bewirkt einen erhöhten Inlay-Abrieb. Neben diesen Belastungen kann auch ein Sturz auf das Kniegelenk zu schweren Komplikationen führen. Ein Abbruch der Kanten des Inlays und eine Subluxation der Prothese sind möglich.

Insgesamt kann daher aus ärztlicher Sicht alpiner Skilauf mit Knie-TEP eigentlich nicht empfohlen werden (Schönle et al., 2014). Trotzdem wird über Skifahrer mit Knie-TEP berichtet, die das Skifahren seit Jahren problemlos ausüben.

## **5 Schontechnik Rücken**

Eine Schontechnik Rücken sollte so ausgerichtet sein, dass die individuelle Schmerzempfindung und Schmerzintensität durch ein rüchenschonendes Verhalten reduziert oder vermieden werden. Dazu sind stärkere Bewegungsausschläge der Wirbelsäule mit betonten Beckenrotationen, stärkerem Hüft- und Lendenwirbelsäulenknick 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 (Bergstrom, Brandseth, Fretheim, Tvilde & Ekeland, 2004). Daher ist es auch beim Skifahren grundsätzlich notwendig, durch ein rüchenschonendes Verhalten wie beispielsweise den Verzicht auf eine Haltung mit vorgebeugtem Oberkörper und die Unterlassung von ausgedehnten Bewegungen der Lendenwirbelsäule die Schmerzintensität zu verringern.

Skitechniken, die mit einer betonten Beckenrotation, mit einem stärkeren Hüft- und Lendenwirbelsäulenknick, 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 Beugelenke und Beckenregion etwa durch „Gegendrehen“ oder „Beckenverwringung“ 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 Wirbelsegmentsschmerzen 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 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 angenähert und nicht nach vorne geführt werden, evtl. ist ein Korsett zu überlegen.

## **6 Allgemeine Richtlinien für gelenkschonendes Skifahren**

Unabhängig von der körperlichen Einschränkung können Hinweise zum gelenkschonenden Skifahren gegeben werden. Schontechniken im alpinen Skilauf können nur dann erfolgreich und hilfreich sein, wenn bestimmte Richtlinien für die äußeren Rahmenbedingungen und die verwendete Ausrüstung, aber auch hinsichtlich der inneren Einstellung eingehalten werden.

So 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.

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 vermieden werden wie Stürze. So konnten z.B. auf harten, eisigen Pisten durch Schläge vom Boden und ein „Rupfen“ der Ski sehr hohe Kraftspitzen vom bis zum 17-fachen KG gemessen werden (Jöllenneck & Schönle, 2012). Zudem sollten regelmäßige Erholungspause 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.

Als Ausrüstung empfehlen sich Ski, die kurz und tailliert sind und einen kleinen Kurvenradius aufweisen, sowie Skischuhe, die weich sind, über einen guten Flex verfügen und ein beidbeiniges Fahren mit vermehrter Innenskibelastung ermöglichen.

## 7 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.

Weitere Verbesserungen zur Skitechnik bzw. die Anpassung an individuelle Gegebenheiten der Skifahrer sind Gegenstand der Forschung. Eine leicht in der Längsachse des Ski nach vorn oder nach hinten verschobene Position der Bindung konnte bei Freizeit- und Rennskifahrern nicht nur die Slalomzeit verbessern, sondern auch 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. Damit wird es – wie auch im Handicap Sport – möglich sein, auch Menschen mit stärkeren Einschränkungen den alpinen Skisport zu ermöglichen.

## Literatur

- Bergstrom, K., Brandseth, K., Fretheim, S., Tvilde, K. & Ekeland, A. (2004). Back injuries and pain in adolescents attending a ski high school. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 12, 80-85.
- Jöllenbeck, T. & Schönle, C. (2012). Schontechniken im alpinen Skilauf – biomechanische Einzelfallstudie zur Abschätzung möglicher Effekte. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63, 248.
- Klous, M., Müller, E. & Schwameder, H. (2007). Lower extremity joint loading in carved ski and snowboard turns. In: H. Menzel & M. Chagas (Eds.) *25th ISBS 2007*, Brazil: Ouro Preto.
- Kuchler, W. (2002). *Carven – der Skikurs für Einsteiger und Umsteiger*. Reinbeck: Rowohlt-Verlag.
- Kutschera, H., Lack, W., Buchelt, M. & Preyer, L. (1998). Die Patellaposition nach Knieendoprothese. *Zeitschrift für Orthopädie*, 136, 162-165.
- Malzer, U. & Schuler, P. (1998). Die Komponentenausrichtung beim Oberflächenersatz des Kniegelenkes. *Orthopädische Praxis*, 34, 141-148.
- Müller, E., Benko, U., Raschner, C. & Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 216-220.

- Schönle, C. (2004). *Rehabilitation*. Stuttgart: Thieme.
- Schönle, C. & Jöllenbeck, T. (2012). Gelenkkräfte auf die Hüfte beim Carven. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63, 248.
- Schönle, C., Jöllenbeck, T., Kuchler, W. (2014). Schontechniken für Gelenke und Wirbelsäule beim alpinen Skifahren. *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis*, 11, 544-553.
- Simmel, S., Hörterer, H. & Horstmann, T. (2008). Sport nach Hüfttotalendoprothese - Expertenmeinung versus Patientenrealität. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59, 268-272.
- Van den Bogert, A., Read, L. & Nigg, B. (1999). An analysis of hip joint loading during walking, running, and skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31, 131-142.
- Zehetmayer, H. (1990). *Versuche mit Skimodellen*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.