

„Back 2 Sport“ nach Verletzungen: Risikofaktoren, Testungen und Erfahrungen aus dem Nachwuchsleistungssport

Ao. Univ-Prof. Ing. Dr. Christian Raschner

Die sichere Rückkehr zum sportart- bzw. wettkampfspezifischen Training ist sowohl für den Spitzen- als auch Nachwuchssport nach einer Verletzung oder Überbelastung eine große Herausforderung. Um dem Betreuungspersonal die Entscheidung über den optimalen Zeitpunkt zu erleichtern, werden neben klinischen Untersuchungen standardisierte leistungsdiagnostische Tests durchgeführt, die eine objektive Bewertung *über das Leistungsvermögen* der betroffenen Körperregion ermöglichen.

Dabei orientiert sich eine strukturierte Vorgangsweise an folgenden vier Aspekten, die im Nachwuchsleistungssport im Sinne einer erfolgreichen langfristigen Talententwicklung von großer Bedeutung sind.

1. Erstellung eines sportartspezifischen Anforderungsprofils der körperlichen Belastung
2. Entwicklung von sportartspezifischen Testbatterien und die damit verbundene regelmäßige Durchführung einer sportmotorischen und sportmedizinischen Leistungsdiagnostik
3. Identifizierung von sportartspezifischen Risikofaktoren für traumatische Verletzungen und sportartspezifischen Überlastungsproblematiken
4. Geeignete Auswahl der Inhalte und Methoden zur Verletzungsprävention unter Berücksichtigung der individuellen körperlichen Entwicklungen von Nachwuchstalenten

Ad 1: Um Erkenntnisse über die körperlichen Anforderungen in der jeweiligen Sportart zu erhalten und nachfolgend eine sinnvolle Testbatterie zusammenstellen zu können, benötigt es wissenschaftliche Untersuchungen. Biomechanische Analysen geben z.B. detaillierte Informationen über die Höhe und Dauer der einwirkenden äußeren Kräfte, den Anteil an konzentrischen/exzentrischen/isometrischen Muskelkontraktionen sowie der Körperposition wie z.B. dem Kniewinkel. Physiologische Feldstudien liefern zudem Informationen z.B. über die maximale Sauerstoffaufnahme, die Herzfrequenz oder des produzierten Laktats von Athlet:innen. Neben den Erkenntnissen aus biomechanischen und physiologischen Untersuchungen haben Expertenmeinungen von Trainer:innen und Athlet:innen ebenso einen hohen Stellenwert für die Erstellung eines sportartspezifischen Anforderungsprofils. Trainer:innen sollten sich daher eingehend mit dem Anforderungsprofil ihrer Sport-

art auseinandersetzen und gegebenenfalls hierfür wissenschaftliche Literatur einbeziehen.

Ad 2: Die Grundlage einer früh begonnenen und kontinuierlich durchgeführten sportmotorischen Leistungsdiagnostik bilden, wie zuvor erläutert, wissenschaftlich abgesicherte Anforderungsprofile und Vorschläge von Expert:innen. Im Rahmen der für die jeweilige Sportart definierten Testungen können demnach die individuelle Leistungsfähigkeit evaluiert, körperliche Defizite der Athlet:innen aufgezeigt und darauf abgestimmte Trainingsprogramme durchgeführt werden. So finden z.B. in der Sportart alpiner Skirennlauf seit mehr als 25 Jahren regelmäßige sportmotorische Leistungsdiagnostiken in Kooperation mit Skischwerpunktschulen, Landesskiverbänden und dem Österreichischen Skiverband ab einem Alter von ca. 10 bis 11 Jahren statt. 1996 wurde ein bis heute bestehendes sportwissenschaftliches Projekt mit dem Titel „Sportmotorische Leistungsdiagnostik alpiner Skirennläufer:innen des Skigymnasiums Stams“ initiiert und diente als Vorbild für andere Schulen und Landesverbände. Dabei wird eine den wissenschaftlichen Kriterien genügende Testbatterie zweimal jährlich im Mai und September durchgeführt. Diese Testungen ermöglichen die Überprüfung der wichtigsten skirennlaufspezifischen konditionellen Fähigkeiten und in weiterer Folge die Erstellung von alters- und geschlechtsspezifischen Normprofilen. Die über 25 Jahre erhobenen Normwerte sind weltweit einzigartig und helfen den Trainer:innen bei der Ausarbeitung individueller Trainingsprogramme zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Verletzungsprävention (Raschner, Müller & Hildebrandt, 2014).

Bei den 10 bis 19jährigen Skirennläufer:innen von Skischwerpunktschulen und Landesskiverbänden umfasst die Leistungsdiagnostik anthropometrische Messungen sowie folgende Tests (Raschner et al., 2012):

- einbeiniger maximaler isometrischer Beinstreckkrafttest
- exzentrischer Hamstringkrafttest (beidbeinige Testung mit einbeiniger Kraftmessung)
- maximaler isometrischer Rumpfkrafttest (Flexion & Extension)
- beid- und einbeiniger Sprungkrafttest (CMJ)
- Drop Jump Test (Fallhöhe 40cm, bei den 10 bis 11jährigen 20cm)
- beidbeiniger Sprungkoordinationstest – Version Stams
- einbeiniger Speedy-Jumptest
- beid- und einbeiniger Gleichgewichtstest
- Agilitytest (Gewandtheitslauf)
- Sprungkraftausdauerstest (Kastentest)
- Ausdauerstest (Coopertest oder 3000m Lauf)
- ausgewählte Tests der Austrian Power Testbatterie

Bei ÖSV Athlet:innen kommen folgende Tests zur Anwendung:

- einbeiniger isokinetischer konzentrischer & exzentrischer Beinstreckkrafttest
- exzentrischer Hamstringkrafttest (beidbeinige Testung mit einbeiniger Kraftmessung)
- isokinetischer konzentrischer Rumpfkrafttest (Flexion & Extension)

- 1RM Maximalkrafttest Kniebeuge mit Erfassung der rechts/links Seitigkeiten
- beid- und einbeiniger Sprungkrafttest (CMJ)
- Drop Jump Test (Fallhöhe 40cm)
- Tappings
- einbeiniger Speedy-Jumptest (Sprungkoordinationstest)
- quasi-statischer (einbeinig) und dynamischer (beidbeinig) Gleichgewichtstest
- beidbeiniger Kraftausdauerstest

Alle hier angeführten Tests entsprechen hinsichtlich Reliabilität den wissenschaftlichen Kriterien. Anmerkung: Die sportmedizinischen Untersuchungen werden für ÖSV Athlet:innen und Tiroler Schwerpunktschulen am ISAG (Institut für Sport-, Alpinmedizin und Gesundheitstourismus) in Natters/Tirol durchgeführt; weitere österreichische Schwerpunktschulen und Landesskiverbände führen diese in den jeweiligen Bundesländern durch.

Im Falle einer Verletzung oder Überbelastung kann während bzw. nach erfolgter Rehabilitation mittels **Back 2 Sport** Testungen eine individuell objektive Beurteilung des aktuellen Leistungszustandes vorgenommen werden. Dabei müssen vorab definierte sportartspezifische Cut-Off-Werte und Mindestkriterien erreicht werden, um das sportartspezifische Training wieder aufnehmen zu dürfen. Werden diese Werte nicht erzielt, müssen die Athlet:innen weiter im konditionellen Aufbau trainieren, bis sie die Vorgaben bzw. Normwerte erfüllen. Die Leistungsdiagnostiker:innen sollten dabei auf zeitnahe Pre-Tests zurückgreifen können, die dann mit den aktuellen Testergebnissen verglichen werden können. Gibt es „grünes Licht“ zum sportartspezifischen Training und somit zur Wiedereingliederung in das Verbandstraining, ist in den kommenden Wochen ein verantwortungsvoller sportartspezifischer Load-Aufbau der jeweiligen Sportart wesentlich. Die vorab z.B. für die Sportart Skirennlauf standardisierten Testbatterien des Olympiazentrums Tirol/Innsbruck (siehe Ad 2) stellen sicher, dass bei den Athlet:innen auf aktuelle Pre-Tests zurückgegriffen werden kann, sowie eine auf den Mindestkriterien bezogene Bewertung nach denselben Maßstäben erfolgt.

Speziell bei Verletzungen der unteren Extremität (z.B. ACL Verletzung) wird bei den unilateralen Testungen der *Limb Symmetry Index* (LSI) einer kritischen Bewertung unterzogen. In einem 2023 publizierten Consensus Statement mit dem Titel *Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation for the 10- to 18-Year-Old Adolescent Athlete Practice Guidelines Based on International Delphi Consensus* von van Melick und Kollegen wurden Leistungstests, die als Kriterien für den Übergang von einer Rehabilitationsphase zur nächsten und die damit mögliche **Back 2 Sport** Entscheidung, als sehr wichtig angesehen. Die Mitglieder des Gremiums beschlossen im Nachwuchsleistungssport einen Mindestwert des LSI von >95% bei isokinetischen Krafttests sowie Sprungkrafttests vorzugeben (van Melick et al., 2023). Dies ist ein strengeres Kriterium als bei Erwachsenen, bei denen ein LSI von >90% üblich ist (Kyritsis et al., 2016; Grindem et al., 2020; van Melick et al., 2022).

Ad 3: In einem 2015 veröffentlichten Artikel verwiesen Spörri und Kollegen auf fehlende Untersuchungen und Analysen hinsichtlich voraussagender Risikoparameter z.B. bei Skirennläufer:innen, speziell bei Nachwuchsathlet:innen, hin (Spörri et al.,

2015). Auch unter den Trainer:innen wird diese Thematik immer wieder diskutiert. So stellt sich unter anderem die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen der körperlichen Fitness der Talente und einer Kreuzbandverletzung gibt.

Durch die seit mehreren Jahrzehnten bei österreichischen Nachwuchs- und Eliteskirennläufer:innen konsequent durchgeführte Leistungsdiagnostik konnte diese Frage in einem Forschungsprojekt unsererseits analysiert werden. Dafür wurden retrospektiv über einen Zeitraum von zehn Jahren die leistungsdiagnostischen Daten von 175 Nachwuchsskirennfahrerinnen und 195 Nachwuchsskirennfahrern im Alter von 14 bis 19 Jahren herangezogen. In dieser Zeitspanne traten 57 Verletzungen mit der Diagnose „Riss des vorderen Kreuzbandes“ auf. Um einen möglichen Zusammenhang genauer zu erforschen, wurden die Leistungen der einzelnen Tests unmittelbar vor der Skisaison, von jenen mit einer Kreuzbandverletzung, mit jenen ohne Kreuzbandverletzung verglichen. Die in diesem Zeitraum standardisiert durchgeführte Testbatterie umfasste isometrische Tests zur Erfassung der maximalen Bein- und Rumpfkraft, der Kraftausdauer (Kastentest), der Schnellkraft in Form eines CMJ, der Reaktivkraft (Drop Jump aus 40cm), der aeroben und anaeroben Ausdauer sowie der Sprungkoordination. Damit wurde es mittels komplexer statistischer Verfahren möglich, geschlechtsspezifische körperliche Risikofaktoren zu identifizieren (Raschner et al., 2012).

Bei den Analysen zeigte sich, dass Prädiktoren für eine Kreuzbandverletzung bei den männlichen Nachwuchsskirennläufern eine schlechte relative Beinkraft sowie eine schlechte relative Rumpfkraft waren. Ebenso erhöhte sich das Risiko einer Kreuzbandverletzung durch ein ungünstiges Verhältnis von Rumpfflexions- zu Rumpfextensionskraft und einem schlechten Reaktivkraftindex. Bei den Mädchen erhöhte sich das Risiko einer Kreuzbandverletzung durch eine schlecht ausgeprägte absolute Rumpfkraft und wiederum durch ein ungünstiges Verhältnis von Rumpfflexions- zu Rumpfextensionskraft. So lässt sich auf den ersten Blick zusammenfassen, dass vor allem eine verringerte Rumpfkraft bzw. ein ungünstiges Verhältnis zwischen Bauch- und Rückenkraft zu einem erhöhten Verletzungsrisiko für Knieverletzungen im Nachwuchsskirennsport führen kann. Ähnliche Verletzungsprädiktoren ergaben weitere Studien aus der Literatur. Dieselbe Testbatterie wurde auch bei den jüngeren Skirennläufer:innen über mehrere Jahre durchgeführt. Die Auswertungen deckten sich ziemlich mit den vorher genannten Erkenntnissen. Bei den 10 bis 14jährigen Nachwuchstalente waren vor allem schlechte Kraftwerte im Bereich des Rumpfes sowie der Reaktivkraftindex kritische Variablen einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit (Müller et al., 2017). Eine weitere Analyse der leistungsdiagnostischen Daten ergab zudem, dass ein ausgeglichenes Verhältnis der rechten und linken Beinstreckkraft bei Nachwuchsskirennläufer:innen von präventiver Bedeutung ist. Hatten Nachwuchsskirennläufer:innen mehr als 10% Unterschied in der isometrischen unilateralen Beinkraft, waren sie einem erhöhten Verletzungsrisiko der unteren Extremität ausgesetzt (Steidl-Müller et al., 2018).

Neben traumatischen Verletzungen stellen Überlastungsproblematiken sowohl im Nachwuchs als auch in der Elite eine Herausforderung für Trainer:innen dar. Überlastungsproblematiken wie Rückenschmerzen oder ein Patellaspitzensyndrom können entweder durch die sportartspezifischen Belastungen oder durch nicht adäqua-

tes Konditionstraining begünstigt werden. So gaben in der Vergangenheit ca. 1/3 der Top 40 Athlet:innen im Skirennlauf an, Beschwerden im unteren Rücken (low back pain) zu haben (Jahnel et al., 2013). Mehr als 50% der Nachwuchsathlet:innen entwickelten im Lauf ihrer noch jungen Karriere eine Überlastungsproblematik, wobei ca. 35% über low back pain berichteten (Hildebrandt & Raschner, 2013). Die Gründe für diese hohe Prävalenz von Rückenproblematiken könnten unter anderem in den besonderen Anforderungen der Sportart Skirennlauf zu finden sein. So zeigten biomechanische Studien, dass im Riesenslalomswung ein nach vorne geneigter Oberkörper, verbunden mit einer Seitneigung sowie leichten Rumpfrotation bei gleichzeitig sehr hohen Bodenreaktionskräften (2-4fache des eigenen Körpergewichts) eingenommen wird (Spörri et al., 2015). Erschwerend kommen im Nachwuchs bei hohen Startnummern oft noch die schlechten Pistenverhältnisse hinzu, die zu unerwarteten noch wesentlich höheren Belastungen auf den passiven Bewegungsapparat führen können. Umso wichtiger ist demnach eine Verantwortungsbewusste und „perfekte“ körperliche Vorbereitung von Skirennläufer:innen jeden Alters. Im Skirennsport ist für eine stabile Körperposition im Schwung ein sehr früh beginnendes entwicklungsgemäßes Krafttraining von enormer Bedeutung. Hier gab es zum Glück in den letzten Jahren durch vielversprechende Erkenntnisse (siehe KINGS Studie aus Deutschland) genügend wissenschaftliche Argumente, für eine systematische Implementierung von Krafttraining in den Nachwuchsleistungssport. Bei jungen Athlet:innen gilt es zudem den körperlichen Entwicklungsstand (z.B. erfasst über die Mirwald Methode) in die Trainingsplanung miteinzubeziehen. Eine Studie von Müller konnte nämlich aufzeigen, dass spätentwickelte Nachwuchsskirennläufer:innen einer erhöhten Gefahr von traumatischen Verletzungen und Überlastungsproblematiken ausgesetzt sind (Müller et al., 2017).

Ad 4: Inhalte und Methoden zur Verletzungsprävention – hier wird auf den Beitrag von Kollege Seiler verwiesen.

Return 2 Win nennt sich ein vor ca. fünf Jahren vom Olympiazentrum Tirol/Innsbruck initiiertes Projekt und beschäftigt sich mit dem Rehabilitationsmanagement und **Back 2 Sport** im Fall einer traumatischen Verletzung oder Überlastungsproblematik. Die wesentlichen Aufgaben von Trainer:innen sind neben dem Training die Wettkampfbetreuung von Athlet:innen. Meist bleibt dadurch keine Zeit sich um eventuell verletzte Athlet:innen der Gruppe zu kümmern. Aus diesem Grund sind in diesem verbandsübergreifenden Konzept von Christoph Ebenbichler, Sportwissenschaftler und Trainer des Olympiazentrums in Tirol, diesbezügliche, relevante, Handlungsempfehlungen verschriftlicht worden (siehe Abbildung 1). Dieses sieht eine:n Reha-Manager:in für verletzte Athlet:innen vor, welche:r direkt nach dem Bekanntwerden einer Verletzung telefonisch informiert wird und mit dem der/die Athlet:in Kontakt aufnimmt. Sofern dieser noch vor einer notwendigen Operation erfolgt, unterstützt der/die Reha-Manager:in bei Fragen rund um die Operation oder bei Versicherungsabklärungen (z.B. Zusatzversicherung). Der/Die Reha-Manager:in bespricht nachfolgend mit den betroffenen Personen die individuellen Zielsetzungen für die Reha und die verschiedenen Maßnahmen. Außerdem wird den Athlet:innen ein Factsheet mit nützlichen Informationen rund um die Reha und dem standardisierten Ablauf gegeben (z.B. sinnvolle Supplementationen im Bereich Ernährung). Generell werden der Verlauf der Reha bzw. alle individuell gesetzten

Maßnahmen in einer Datenbank dokumentiert, so können alle beteiligten Expert:innen diese jederzeit nachvollziehen. Neben dem/der vom jeweiligen Verband zu bestimmenden Reha-Manager:in sowie den behandelnden Ärzten und Ärztinnen besteht das interdisziplinäre Team aus einem Netzwerk von Physiotherapeut:innen, Trainer:innen von Olympiazentren / Verbänden / Nachwuchsleistungszentren, Sportpsycholog:innen und Ernährungsberater:innen. Wichtigkeit sind dabei regelmäßige Meetings dieses interdisziplinären Teams, um stets alle Beteiligten am gleichen Wissensstand zu halten und bei Bedarf Anpassungen der Reha zu besprechen. Von großer Bedeutung sind in diesem Konzept auch die bereits erwähnten **Back 2 Sport** Testungen, die je nach Verband im Olympiazentrum Tirol/Innsbruck oder anderen Institutionen (z.B. Motum) durchgeführt werden.

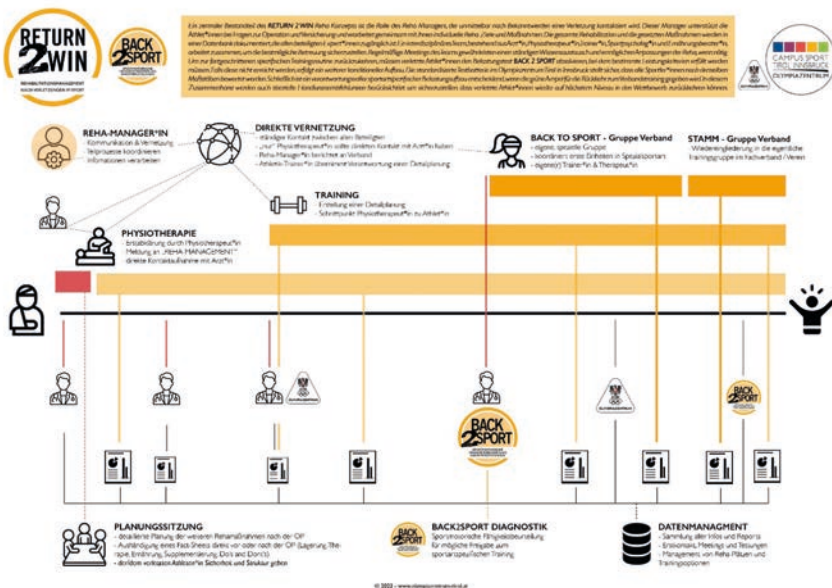


Abbildung 1: Allgemeingültiges Konzept Return 2 Win im Fall von Verletzungen oder Überlastungen
(© Christoph Ebenbichler, unveröffentlichte Abbildung)

Infrarotthermografie als ergänzendes Messverfahren im Zuge des Return 2 Win Managements bei Verletzungen oder Überlastungen von Nachwuchstalenten

Neben den zuvor beschriebenen leistungsdiagnostischen Testverfahren und deren Interpretationsmöglichkeiten für eine individuell möglichst sichere Rückkehr in das sportartspezifische Training stellt die Infrarotthermografie ein interessantes

ergänzendes Messverfahren dar. Diese wissenschaftliche Methode zur Erfassung und Beschreibung von Temperaturen und Wärmemustern von Körperoberflächen durch verbesserte Aufnahmeverfahren mit hochauflösenden Infrarotthermographie-Kameras hat an Bedeutung gewonnen (Diakides & Bronzino, 2008). Neben den technischen Einsatzgebieten zur Erfassung von Oberflächentemperaturen, konnte die Infrarotthermographie auch im Leistungssportlichen Setting als Diagnostiktool erfolgreich eingesetzt werden (Hildebrandt, Raschner & Ammer, 2010; Hildebrandt et al., 2012). Infrarotthermographische Messungen beruhen auf der Tatsache, dass Körper entsprechend ihrer Temperatur elektromagnetische Wellen abstrahlen. Basierend auf den Wärmebildern können qualitative Temperaturmuster des menschlichen Körpers dargestellt und quantitative Messwerte ermittelt werden. Die einzelnen Temperaturwerte werden in der Regel der Regenbogenfarbenskala zugeordnet. Lila und Blau stehen für Kälte, Rot und Weiß für Wärme, Grün und Gelb liegen in der Mitte. Die Visualisierung hyperthermer (überwärmter) oder hypothermer (unterkühlter) Areale mit Hilfe einer Wärmebildkamera kann wichtige diagnostische Hinweise zum Zustand der „Region of Interest“ liefern. Das nicht invasive Messverfahren ist berührungslos und strahlungsfrei. Studien zeigten, dass die Infrarotthermographie Hinweise auf muskuloskelettale Entzündungen, die mit Verletzungen oder Überlastungen assoziiert sind, geben kann (Sanchis-Sanchez et al., 2014; Sanz-Lopez et al., 2016). Von besonderem Interesse sind dabei Seitenvergleiche z.B. der verletzten versus der nicht verletzten Extremität. Wissenschaftliche Studien zeigten nämlich, dass thermische Lateralasymmetrien von mehr als $0,7^{\circ}$ als Hinweis für mögliche pathophysiologische Störungen gelten (Selfe, Whitaker & Hardaker, 2008). Da die Infrarotthermografie nur oberflächlich die Temperatur erfasst sollte diese nicht als alleinige Grundlage für therapeutische oder trainingsmethodische Entscheidungen eingesetzt werden. Allerdings kann sie in Kombination mit subjektiven Eindrücken, Ultraschall, MRT, EMG oder Leistungsparametern interessante Informationen für eine verantwortungsvolle Rückkehr in das sportartspezifische Training liefern.

Nachfolgend je ein Beispiel einer traumatischen Verletzung sowie einer Überlastungsproblematik eines Nachwuchsathleten, bei denen Infrarotthermogramme eine hilfreiche Ergänzung zu den klassischen leistungsdiagnostischen Tests für die **Back 2 Sport** Bewertung darstellte.

Beispiel 1: Abbildung 2 zeigt auf der linken Seite das Thermografie Bild sechs Wochen nach einer isolierten VKB-Ruptur des rechten Knies. Die massive Hyperthermie stellt den Entzündungsprozess dar, der von Schwellungen und Schmerzen begleitet wurde. Das Bild auf der rechten Seite zeigt dasselbe Knie nach einem sechsmonatigen, umfangreichen Rehabilitationsprogramm. Es ist ein deutlicher Rückgang von Schwellung und Entzündung zu erkennen. Auf der medialen Seite des rechten Knies war jedoch weiterhin eine Schmerzempfindung vorhanden, was durch den hyperthermischen Bereich auch angezeigt wurde.

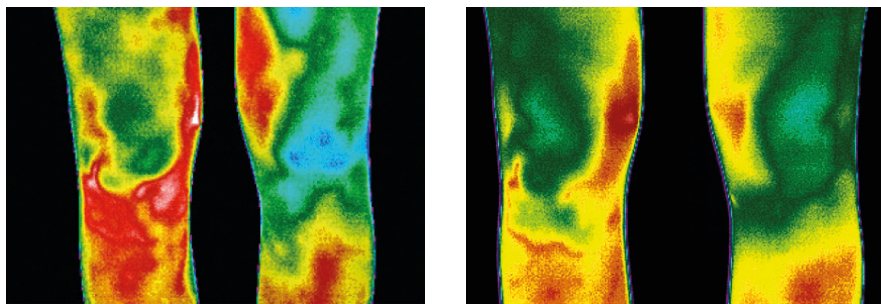


Abbildung 2: Infrarotbilder der Knievorderseiten (Kreuzbandriss im rechten Knie); linkes Bild sechs Wochen post-Op, rechtes Bild sechs Monate post-Op

Beispiel 2: Ein häufiges Problem im Nachwuchsleistungssport ist das Auftreten von Überlastungsproblematiken wie z.B. des Morbus-Osgood-Schlatter. Dieses Problem zeigt sich als ausgeprägte Hyperthermie im Bereich der Tuberositas Tibia, wie in Abbildung 3 exemplarisch zu sehen ist. Im Zuge von Screenings betroffener Nachwuchsathlet:innen konnte eine mittlere seitliche Temperaturdifferenz von 1,4°C Grad Celsius aufgezeigt werden. Vier der Sportler:innen berichteten über Schmerzen, während die anderen zu diesem Zeitpunkt symptomlos waren. Die Untersuchung des Knies zeigte jedoch, dass diese Hyperthermie mit einer Druckschmerzschwelle verbunden war. Eine frühzeitige Erkennung und ein anschließendes frühzeitiges therapeutisches Interventionsprogramm helfen den Schweregrad der Symptome zu verringern. Infrarotbilder können somit nützliche Informationen liefern und auch bei Überlastungsproblematiken eine zusätzliche Entscheidungshilfe für die **Back 2 Sport** Freigabe sein.

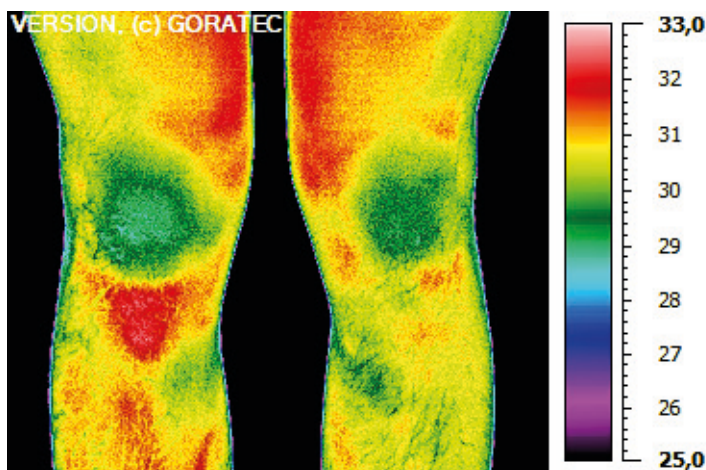


Abbildung 3: Infrarotbild Knievorderseite mit Morbus-Osgood-Schlatter (Hyperthermie im Bereich der Tuberositas Tibia betrifft wie ersichtlich das rechte Knie).

Back 2 Sport nach Gehirnerschütterungen – eine interdisziplinäre Herausforderung

Neben den bereits erwähnten traumatischen Verletzungen bzw. Überlastungsproblematiken des passiven oder aktiven Bewegungsapparates benötigen Gehirnerschütterungen auch im Nachwuchsleistungssport einer besonderen Aufmerksamkeit. (Pfister et al., 2016; Williams et al., 2015; Kerr et al., 2016; Haider et al., 2018). In Deutschland wird die Zahl der durch sportliche Aktivitäten hervorgerufenen Gehirnerschütterungen auf ca. 44.000 pro Jahr geschätzt, wobei die Dunkelziffer wahrscheinlich deutlich höher ist. In den USA ereignen sich jährlich schätzungsweise 300.000 sportbedingte Gehirnerschütterungen. Bei Personen im Alter von 15 bis 24 Jahren ist Sport nach Verkehrsunfällen die zweithäufigste Ursache für Gehirnerschütterungen (Marar et al., 2012). Die potenziellen Langzeitfolgen von sportassoziierten Gehirnerschütterungen oder wiederholten Kopfstößen wie der chronischen traumatischen Enzephalopathie (CTE) sind auch für junge Nachwuchsleistungssporttalente besorgniserregend. So ergab eine kürzlich in der amerikanischen Fachzeitschrift *JAMA Neurology* erschienene Studie folgendes (McKee et al., 2023): Untersuchungen an 152 Gehirnen toter Sportler:innen in der Altersgruppe unter 30 – die Mehrheit hatte an der Highschool und am College Football gespielt – ergab, dass 41% die für CTE typischen Veränderungen aufwiesen. Von den dabei untersuchten Gehirnen von Fußballspieler:innen wurden bei 17% degenerative Veränderungen dokumentiert. In einer weiteren aktuellen wissenschaftlichen Publikation wurden dabei die Strategien zur Rückkehr nach sportassoziierten Gehirnerschütterungen in das sportliche Training sowie zum schulischen Lernen auf der Grundlage, der sich entwickelnden Erkenntnisse aktualisiert (Putukian et al., 2023).

So stellt sich auch nach sportassoziierten Gehirnerschütterungen die **Back 2 Sport** Frage, wann darf ich wieder in das sportartspezifische Training oder gar einen Wettkampf bestreiten? In Fällen von sportassoziierten Gehirnerschütterungen sind generell umfassende multidisziplinäre klinische Abklärungen einschließlich der Verwendung standardisierter und validierter Symptombewertungsskalen z.B. das Concussion Recognition Tool-6 (CRT6), das Child SCOAT6 oder die GET (Gehirn-Erschütterungs-Test) App und computergestützte visuell-neurokognitive Tests zwingend zu empfehlen, um angemessene Entscheidungen der zu treffenden Maßnahmen festzulegen. Auch hier sind Werte einer vorliegenden Basisuntersuchung vor einer möglichen Gehirnerschütterung als individueller Vergleichsmaßstab von großem Vorteil. Zudem sensibilisiert eine Baseline-Testung Sportler:innen und Trainer:innen hinsichtlich Bewusstseinsbildung für diese Thematik. Das Olympiazentrum Tirol/Innsbruck hat neben der neurologischen Abklärung mit der Senaptec Sensory Station Testung sowohl im Spitzen- als auch Nachwuchsleistungssport aufschlussreiche Erfahrungen gemacht und wissenschaftliche Projekte gestartet. Die Senaptec Sensory Tablet-Version beinhaltet verschiedene Tests zur Erfassung der visuellen Wahrnehmung sowie der kognitiven Fähigkeiten. Die dabei gemessenen Subkategorien der visuellen Wahrnehmung sind die visuelle Klarheit, die Kontrastempfindlichkeit, die Tiefenwahrnehmung und Nah-Fern-Schnelligkeit; die kognitiven Tests umfassen die Wahrnehmungsspanne, die Mehrfach-Objektverfolgung und die Reaktionszeit. Angesichts zunehmender wissenschaftlicher Evidenz auf die kumulativen Auswirkungen von sportassoziierten Gehirnerschütterungen bekommt

eine interdisziplinäre konzipierte Diagnostik für die **Back 2 Sport** Freigabe auch im Nachwuchsleistungssport eine besondere Bedeutung.

Literatur

- Diakides NA & Bronzino JD. Medical Infrared Imaging, First Edition, CRC Press, ISBN 0849390272, Broken 2008
- Grindem H, Engebretsen L, Axe M, Snyder-Mackler L & Risberg MA. Activity and functional readiness, not age, are the critical factors for second anterior cruciate ligament injury—the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med.* 2020; 54: 1099-1102.
- Haider MN, Leddy JJ, Pavlesen S, Kluczynski M, Baker JG, Miecznikowski JC & Willer BS. A systematic review of criteria used to define recovery from sport-related concussion in youth athletes. *Br J Sports Med.* 2018; 52: 1179-1190.
- Hildebrandt C, Raschner C & Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel).* 2010; 10: 4700-4715.
- Hildebrandt C, Zeilberger K, John Ring EF & Raschner C. The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine. In: Zaslav KR (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury.* InTech. 2012; 257-274.
- Hildebrandt C & Raschner C. Traumatic and overuse injuries among elite adolescent alpine skiers: A two-year retrospective analysis. *Int Sport Med J.* 2013; 14: 245-255.
- Jahnel R, Spörri J, Kröll J & Müller E. Prevalence of overuse problems in World Cup alpine skiers-An explorative approach. In 6th International Congress on Science and Skiing, *Book of Abstracts*; Müller E, Kröll J, Lindinger S, Pfusterschmied J & Stöggli T, (Eds.) Department of Sport Science and Kinesiology, University of Salzburg: Salzburg, Austria, 2013; p. 143.
- Kerr ZY, Zuckerman SL, Wasserman EB, Covassin T, Djoko A & Dompier TP. Concussion Symptoms and Return to Play Time in Youth, High School, and College American Football Athletes. *JAMA Pediatr.* 2016; 170: 647-653.
- Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R & Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med.* 2016; 50: 946-951.
- Marar M, McIlvain NM, Fields SK & Comstock RD. Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. *Am J Sports Med.* 2012; 40: 747-55.
- McKee AC, Mez J, Abdolmohammadi B, Butler M, Huber BR, Uretsky M, Babcock K, Cherry JD, Alvarez VE, Martin B, Tripodis Y, Palmisano JN, Cormier KA, Kubilus CA, Nicks R, Kirsch D, Mahar I, McHale L, Nowinski C, Cantu RC, Stern RA, Daneshvar D, Goldstein LE, Katz DI, Kowall NW, Dwyer B, Stein TD & Alosco ML. Neuropathologic and Clinical Findings in Young Contact Sport Athletes Exposed to Repetitive Head Impacts. *JAMA Neurol.* 2023; 28: e232907.
- Müller L, Hildebrandt C, Müller E, Fink C & Raschner C. Long-term athletic development in youth Alpine ski racing: the effect of physical fitness, ski racing technique, anthropometrics and biological maturity status on injuries. *Front Physiol.* 2017; 8: 656.
- Müller L, Hildebrandt C, Müller E, Oberhofer R & Raschner C. Injuries and illnesses in a cohort of elite youth alpine ski racers and the influence of biological maturity status and relative age: A two-season prospective study. *Open Access J. Sports Med.* 2017; 8: 113-122.
- Pfister T, Pfister K, Hagel B, Ghali WA & Ronksley PE. The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016; 50: 292-297.
- Putukian M, Purcell L, Schneider KJ, Black AM, Burma JS, Chandran A, Boltz A, Master CL, Register-Mihalik JK, Anderson V, Davis GA, Fremont P, Leddy JJ, Maddocks D, Premji Z, Ronksley PE, Herring S & Broglio S. Clinical recovery from concussion-return to school and sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2023; 57: 798-809.

- Raschner C, Platzer HP, Patterson C, Werner I, Huber R & Hildebrandt C. The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: a 10-year longitudinal study. *Br J Sports Med.* 2012; 46: 1065-1071.
- Raschner C, Müller L, Patterson C, Platzer HP, Ebenbichler C, Luchner R, Lemberg S & Hildebrandt C. Current performance testing trends in junior and elite Austrian alpine ski, snowboard and ski cross racers. *Sport Orthop Traumatol.* 2013; 29: 193-202.
- Raschner C, Müller L & Hildebrandt C. Talent detection and development in alpine ski racing. In: Müller E, Kröll J, Lindinger S, Pfusterschmied J & Stöggl T (Eds.), *Science and Skiing VI*, Meyer & Meyer Sport. 2014; 65-75.
- Sanchis-Sánchez E, Vergara-Hernández C, Cibrián RM, Salvador R, Sanchis E & Codóñer-Franch P. Infrared thermal imaging in the diagnosis of musculoskeletal injuries: a systematic review and meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol.* 2014; 203: 875-882.
- Sanz-López F, Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Valero-Campo C & Berzosa C. Thermographic Assessment of Eccentric Overload Training Within Three Days of a Running Session. *J Strength Cond Res.* 2016; 30: 504-511.
- Selke J, Whitaker J & Hardaker, N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. *Thermol. Int.* 2008, 18, 41-44.
- Spörri J, Kröll J, Gilgien M & Müller E. How to prevent injuries in alpine ski racing: What do we know and where do we go from here? *Sports Med.* 2017; 47: 599-614.
- Steidl-Müller L, Hildebrandt C, Müller E, Fink C & Raschner C. Limb symmetry index in competitive alpine ski racers: Reference values and injury risk identification according to performance level. *J Sport Health Sci.* 2018; 7: 405-415.
- Spörri J, Kröll J, Haid C, Fasel B & Müller E. Potential Mechanisms Leading to Overuse Injuries of the Back in Alpine Ski Racing: A Descriptive Biomechanical Study. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 2042-2048.
- van Melick N, Pronk Y, Nijhuis-van der Sanden MWG, Rutten S, van Tienen TG & Hoogendoorn TH. Meeting movement quantity or quality return to sport criteria is associated with reduced second ACL injury rate. *J Orthop Res.* 2022; 40: 117-128.
- Williams RM, Puetz TW, Giza CC & Broglio SP. Concussion recovery time among high school and collegiate athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015; 45: 893-903.