

EMG IN DER FUNKTIONELLEN BEWEGUNGSANALYSE

Identifikation muskulärer Defizite nach ACL Verletzung

RAFAEL KRÄTSCHMER UND DR. MED. KERSTIN LAUER /
INSTITUT FÜR BEWEGUNGSDIAGNOSTIK, MÜNCHEN

Rund die Hälfte aller im Sport verursachten Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (ACL) unterliegen einem Verletzungsmechanismus mit Knie-Valgus gepaart mit einem außenrotierten Fußöffnungswinkel [1]. Bei der Hälfte aller im Freizeit- und Leistungs-Skisport zugezogenen schweren Knieverletzungen ist das ACL betroffen; das macht 20% aller Verletzungen im Skisport aus [2].



ACL VERLETZUNG
BRINGT SAISONENDE FÜR
ADRIANA JELINKOVA MIT SICH.

Auch im Leistungs-Skisport ist der dominante Mechanismus der zu ACL-Verletzungen führt ein in der Sagittalebene gebeugtes und in der Frontalebene valgisiertes Kniegelenk [3]. Der Rehabilitationsprozess nach ACL-Verletzungen sollte also explizit Muskelgruppen im Fokus haben, die dem typischen ACL-Verletzungsmechanismus funktionell entgegenwirken. Um die neuromuskuläre Bereitschaft für einen Wiedereinstieg in das sportartspezifische Training (z. B. Skitraining auf der Piste) zu überprüfen, eignet sich die elektromyografische Analyse (EMG).

FALLBEISPIEL AUS DEM ALPIN-SKISPORT

Im Fokus steht ein 15-jähriger Nachwuchsleistungsskifahrer, der das Skigymnasium in Saalfelden (Österreich) besucht. Bei einem Trainingssturz im August 2020 zog er sich eine proximale Teiltraktur des ACL im rechten Kniegelenk zu. Der Unfallhergang war wie folgt: Beim Auslaufen nach einem Trainingslauf verkantete der rechte Ski, wodurch eine extreme Valgus-Position in der Frontalebene bei sagittaler Kniebeugung provoziert wurde. Zusammen mit dem behandelnden DSV Arzt entschied man sich für eine konservative Therapie. Der junge Athlet wurde im Rehabilitationsprozess von erfahrenen Athletiktrainern und Physiotherapeuten betreut. Zudem wurde er im Verlauf mittels extrakorporaler Stoßwellentherapie und autologem konditionierten Plasma vom behandelnden DSV Arzt therapiert. Die ACL Teiltraktur ist nach aktuellem MRT-Befund ausgeheilt. Im März 2021 folgte dann ein erstes sportartspezifisches Training auf der Skipiste. Nach eigenen Angaben des Athleten gab es deutliche Unterschiede im Stabilitätsempfinden zwischen rechtem und linkem Kniegelenk beim Skifahren. Nach der Belastung trat ein unspezifischer Belastungsschmerz im rechten Knie auf. Hier muss angemerkt werden, dass seit vier Jahren rechtsseitig ein Morbus Osgood Schlatter vorliegt. Um den funktionellen und neuromotorischen Status zu überprüfen, unterzog sich der Athlet in unserem Institut einer EMG-gestützten Funktionsanalyse bestehend aus einer Laufanalyse sowie Sprungtests mit dem Fokus auf einbeinigen Landungen.

EMG-GESTÜTZTE FUNKTIONELLE DIAGNOSTIK

Die Laufanalyse sowie Sprünge mit einbeiniger Landung wurden mit High-Speed-Kameras aufgenommen, zusätzlich wurde die EMG-Aktivität des rechten und linken M. gluteus medius, der Mm. vasti lateralis & medialis und des M. biceps femoris mit einem bipolaren drahtlosen EMG-System mit 25 mm Interelektrodenabstand mit 2000 Hz Abtastrate aufgenommen. Bei der Laufanalyse wurden 20 aufeinanderfolgende Gangzyklen pro Seite analysiert. Bei den Sprüngen handelt es sich um beidbeinige submaximale Counter-movement-Sprünge, die barfuß vom Boden auf eine 15 cm hohe Box erfolgten. Die Landung auf der Box erfolgte einbeinig. Fünf Landungen jeweils mit dem rechten und linken Bein wurden analysiert. Hierbei waren die zwei Sekunden der Stabilisierung

nach Bodenkontakt von Interesse. Die EMG-Signale der fünf Landungen wurden für die jeweilige Seite gemittelt.

ERGEBNISSE

In der visuellen Laufanalyse fiel eine seitliche Beckenabkipfung in der Frontalebene zur Schwungbeinseite auf, die sich deutlicher manifestiert, wenn das rechte Bein als Standbein dient (Abb. 1). Die EMG-Analyse des Laufens ergab eine im Seitenvergleich geringere Aktivität des rechten M. gluteus medius und M. vastus lateralis in der Standphase (Abb. 2). Der M. biceps femoris war rechtsseitig in der terminalen Schwungphase, beim initialen Bodenkontakt und am Anfang

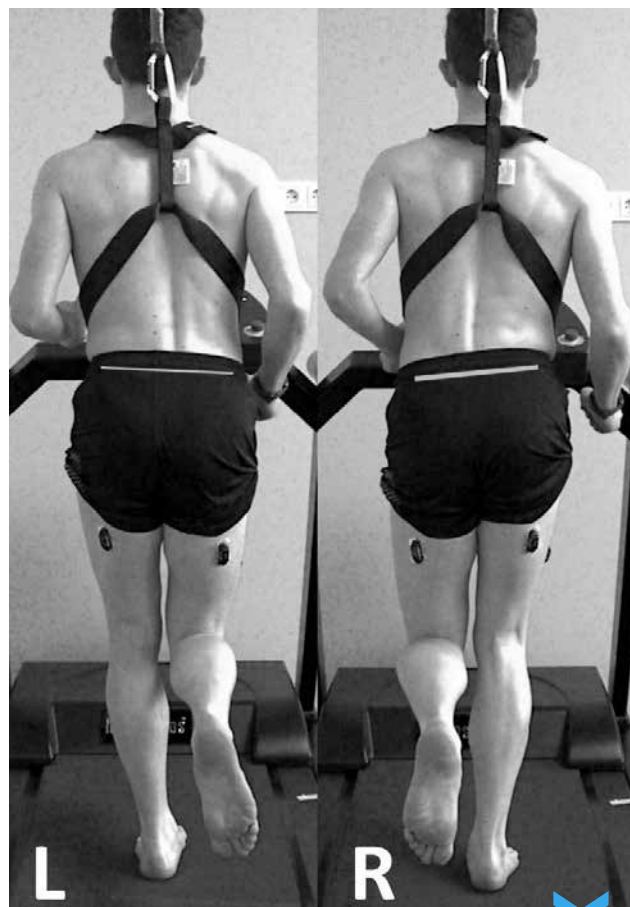


ABB. 1 Laufen bei 10 km/h. Seitliche Beckenabkipfung zur Schwungbeinseite in der Frontalebene rechts > links.

der Standphase im Seitenvergleich deutlich aktiver. Bei den einbeinigen Landungen fiel im Videobild linksseitig eine leichte Varus-Stellung und rechtsseitig eine leichte Valgus-Stellung im Kniegelenk auf (Abb. 3). Die EMG-Analyse ergab eine rechtsseitig verminderte Aktivität des M. gluteus medius und M. biceps femoris direkt nach Bodenkontakt (Abb. 2). Im Weiteren Verlauf der Stabilisierung nach der Landung glichen sich die EMG-Amplituden der rechten Seite denen der linken Seite wieder an.

DISKUSSION

Die Ergebnisse aus der Laufanalyse und der Analyse der einbeinigen Landungen zeigen ein funktionelles Defizit des M. gluteus medius der betroffenen rechten Seite. Der M. gluteus medius hält bei einbeinigen Belastungen nicht nur das Becken in der Frontalebene stabil, er wirkt auch einer Innenrotation des Oberschenkels entgegen. Obwohl der M. gluteus medius das Kniegelenk nicht umspannt, trägt er als dominantester Muskel zum Varus-Moment im Kniegelenk bei, wirkt also dem Knie-Valgus entgegen [4]. Ein funktionell defizitärer M. gluteus medius, wie bei unserem Athleten gemessen, begünstigt also die für das ACL potenziell risikobehaftete

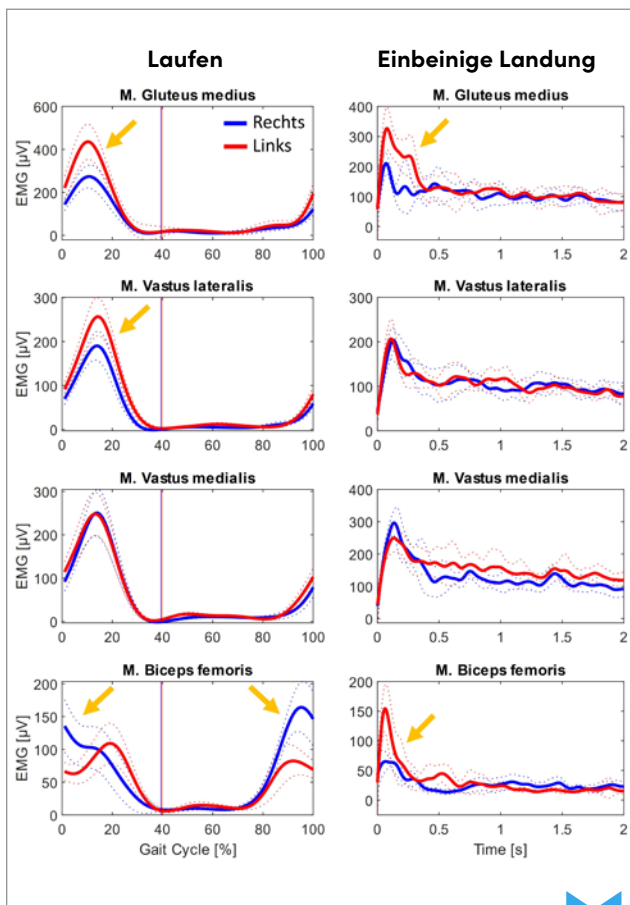


ABB. 2 EMG-Aktivität während des barfuß Laufens bei 10 km/h (20 Gangzyklen pro Seite) und bei einbeinigen Landungen (5 Landungen pro Seite, 2 Sekunden ab Bodenkontakt). Die EMG-Rohsignale wurden mit einem 20 – 400 Hz Butterworth Bandpassfilter 4ter Ordnung geglättet, gleichgerichtet und mit einem 5 Hz Butterworth Tiefpassfilter 2ter Ordnung als Linear Envelope dargestellt. Die Laufanalyse ist Gangzyklusnormalisiert dargestellt, die vertikale Linie bei ca. 40% des Gangzyklus trennt die Stand- von der Schwungphase. Auffälligkeiten sind mit orangenem Pfeil markiert. Mittelwert \pm Standardabweichung.

**RAFAEL KRÄTSCHMER,
M.SC.**



ist sportwissenschaftlicher Leiter des Bewegungsanalyselabors am Institut für Bewegungsdiagnostik in München und ist wiss. Mitarbeiter der Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften der TU München.

**DR. MED.
KERSTIN LAUER**



Die Fußärztin, ist spezialisiert auf die Diagnostik und konservative Therapie orthopädischer Fußerkankungen. Sie gründete 2020 das Institut für Bewegungsdiagnostik in München und ist dessen ärztliche Leiterin.

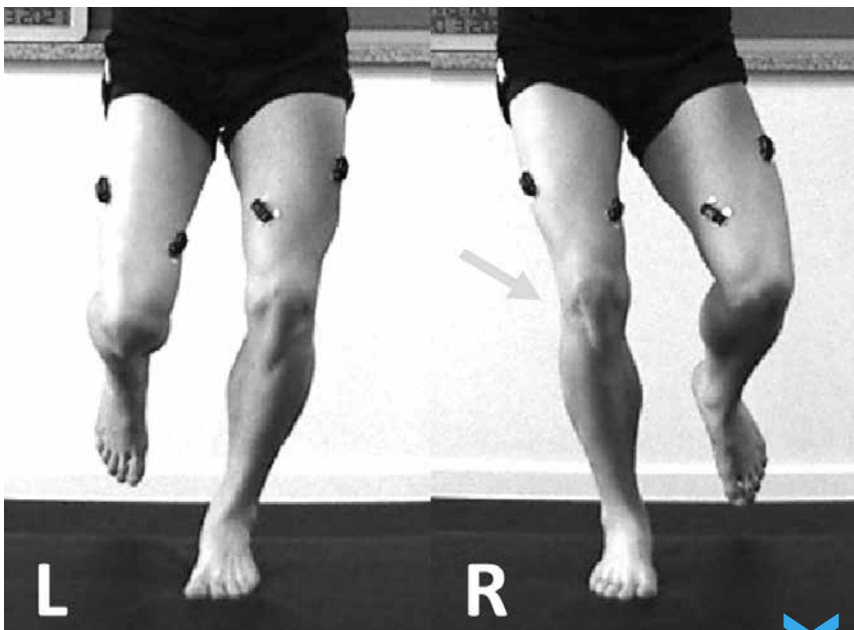


ABB. 3 Einbeinige Landung. Rechts tendenziell mehr Knie-Valgus, links mehr Knie-Varus.



**ACL INJURY FUNCTIONAL TESTING. LAUFEN
UND SINGLE LEG LANDING.**

Knie-Valgus-Stellung. Umgekehrt heißt das, dass im weiteren Trainingsprozess der Fokus auf die Fähigkeit dem Knie-Valgus entgegenwirken zu können, gelegt werden muss. Das schließt ein funktionelles Training des M. gluteus medius zur Stabilisierung der Beinachse zwingend mit ein. Obwohl ein Training der knieumspannenden M. quadriceps und M. biceps femoris im Rehabilitationsprozess nach ACL Verletzungen obligatorisch ist, sollte man sich vergewissern, dass sowohl der M. quadriceps als auch der M. biceps femoris einen dominanten Beitrag zum Knie-Valgus leisten [4]. Sind diese Muskeln kräftig, brauchen sie demnach einen ebenso kräftigen Gegenspieler bezüglich des Knie-Valgus.

Neben dem Knie-Valgus ist die nach anterior gerichtete Scherkraft im Kniegelenk (Translation der Tibia nach anterior relativ zum Femur) ein weiterer Mechanismus, der das ACL unter Stress setzt. Während die Mm. vasti lateralis und medialis zur anterioren Scherkraft beitragen, erzeugen die Hamstrings und der M. soleus eine posteriore Scherkraft [4]. Die deutlich höhere rechtsseitige M. biceps femoris Aktivität des Athleten vor während und nach dem initialen Bodenkontakt beim Laufen (Abb. 2) könnte potenziell eine unbewusst initiierte Mehraktivität darstellen, die eine höhere posteriore Scherkraft erzeugt und deshalb der anterioren Scherkraft bei der Lastaufnahme entgegenwirkt. Umso spannender ist es, dass bei den einbeinigen Landungen eine niedrigere M. biceps femoris Aktivität bei der Lastaufnahme nach dem Bodenkontakt gemessen wurde (Abb. 2). Potenziell stellt eine niedrigere Aktivität des M. biceps femoris bei der Landung den unbewussten Versuch dar, so gut wie möglich den Knie-Valgus zu verhindern, der schon durch die niedrigere Aktivität des M. gluteus medius begünstigt wird.

FAZIT

Es stellt sich also die Frage, ob der Ath-

let bereit für „Return to Sport“ ist, in seinem Falle vor den für das ACL mit Risiken behafteten alpinen Skisport. Solange die rechte betroffene Seite eine defizitäre Aktivierung des M. gluteus medius aufweist, wird eine Valgus-Stellung im rechten Kniegelenk begünstigt und somit ist der dominanteste „Gegenspieler“ des Knie-Valgus funktionell geschwächt. Diese Dysbalance sollte vor einem Wiedereinstieg in das sportartspezifische Training behoben werden. Unklar bleibt in diesem Fall natürlich, wie der neuromuskuläre Status vor der Verletzung war. Vergleichswerte dieser Art wären von großem Wert. Aus der Praxis wissen wir aber, dass detaillierte und instrumentierte Funktionsanalysen tendenziell nach einer Verletzung durchgeführt werden. Regelmäßige EMG-gestützte Screenings sind daher für alle leistungsorientierte Athleten zu empfehlen, um die Verletzungshäufigkeit zu reduzieren und das präventive Athletiktraining zu optimieren. Die EMG-Analyse gibt uns wertvolle Einsichten in muskuläre Aktivierungsmuster, die aus einer reinen visuellen Analyse bzw. visuellen Screenings nicht abgeleitet oder nur erahnt werden können.

Literatur

- [1] Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okada T, Shimizu T, et al. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sport Sci Med* 2010;9:669–75.
- [2] Ruedl G, Webhofer M, Linortner I, Schranz A, Fink C, Patterson C, et al. ACL injury mechanisms and related factors in male and female carving skiers: A retrospective study. *Int J Sports Med* 2011;32:801–6.
- [3] Bere T, Flørenes TW, Krosshaug T, Nordsletten L, Bahr R. Events leading to anterior cruciate ligament injury in World Cup Alpine Skiing: A systematic video analysis of 20 cases. *Br J Sports Med* 2011;45:1294–302.
- [4] Maniar N, Schache AG, Pizzolato C, Opar DA. Muscle contributions to tibiofemoral shear forces and valgus and rotational joint moments during single leg drop landing. *Scand J Med Sci Sport* 2020;30:1664–74.