

Outcome von Muskelverletzungen im Nachwuchsfussball

Fromm L¹, Meyer P², Vavken P³, Leumann A^{1,4}

¹ Medizinische Fakultät, Universität Basel, Basel

² Orthoklinik Dornach, Dornach

³ Alphaklinik Zürich, Zürich

⁴ OrthoPraxis Leumann, Basel

Zusammenfassung

Einleitung: Muskelverletzungen sind die häufigsten Verletzungen im Fussball. Sie sind für fast ein Drittel der verletzungsbedingten Ausfallzeit verantwortlich. Das Ziel dieser Studie war es, Muskelverletzungen zu untersuchen hinsichtlich der Muskellänge als Risikofaktor für eine Muskelverletzung und der Möglichkeit, eine Muskelverletzung klinisch zu gradieren und zu monitorisieren bezüglich des Rehabilitationsverlaufs.

Methodik: In einer prospektiven Kohortenstudie wurden 5 Teams (U15, U16, U17, U18 und U21) mit 110 jugendlichen, männlichen Fussballspielern (Alter 16,8 (14,3–21) Jahre, Grösse 174,5 (146,1–190,0) cm, Gewicht 65,7 (35,5–84,6) kg) für 12 Monate beobachtet. Es erfolgte eine initiale Muskellängenmessung. Jede Muskelverletzung wurde mittels eines standardisierten Protokolls erfasst und der Rehabilitationsverlauf dokumentiert und klinisch mit dem Muscle-Injury-Score gradiert.

Resultate: Total wurden aufgrund von 53 Muskelverletzungen 949 Trainings und 179 Spiele verpasst. Pro Verletzung ergibt das durchschnittlich 18 Trainings und 3,4 Spiele. In 191 Trainings (88,4%) und in 36 Spielen (81,9%) fehlte ein Spieler pro Team innerhalb einer Saison wegen einer Muskelverletzung. Für die längsten Ausfallzeiten waren Verletzungen des M. Rectus femoris verantwortlich (39,3 Tage). Die Muskellängen der verletzten und der nicht verletzten Spieler ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede. Der Muscle-Injury-Score korreliert klinisch relevant und statistisch signifikant mit dem Verletzungsgrad ($r^2=0,54$, $p<0,001$). Pro Punkt im Muscle-Injury-Score dauert eine Muskelverletzung 5,8 Tage.

Konklusion: Auch im Nachwuchs-Fussball sind Muskelverletzungen für lange Ausfallzeiten verantwortlich. In der vorliegenden Studie war die Muskellänge kein Risikofaktor für Muskelverletzungen. Der Muscle-Injury-Score erlaubt eine gute Gradierung der Muskelverletzung und Prognose für die Ausfallzeit.

Schlüsselwörter:

Muskelverletzung, Fussball, Return to Play, Muscle-Injury-Score, Muskellänge

Abstract

Background: Muscle injuries are the most common injury in soccer and account for almost 30 percent of all time-loss injuries. The aim of this study was to investigate the muscle length as a risk factor to sustain a muscle injury and to grade and monitor muscle injuries during the rehabilitation.

Methods: 110 young male football players of 5 soccer teams (U15, U16, U17, U18 and U21) with (age 16,8 (14,3–21) years, height 174,5 (146,1–190,0) cm, weight 65,7 (35,5–84,6) kg) were monitored for 12 months in a prospective cohort study. Initially, muscle length in all players were measured. Every muscle injury was documented and monitored in a standardized protocol and graded clinically based on the Muscle-Injury-Score.

Results: 53 muscle injuries accounted for a total of 949 missed trainings and 179 missed matches, averaging in missing 18 trainings and 3,4 matches per injury. In 191 trainings (88,4%) and in 36 matches (81,9%) one player per team was missing because of a muscle injury. Injuries of the rectus femoris muscle were leading to the longest time-loss (39,3 days). There was no statistical significance in muscle length between the injured and the not injured players. The Muscle-Injury-Score correlated clinically relevant and statistically significant with the severity of the injury ($r^2=0,54$, $p<0,001$). Per point in the Muscle-Injury Score, the rehabilitation of a muscle injury took 5,8 days.

Conclusion: Also in young football players, muscle injuries are responsible for long time-losses. In this study, muscle length was not a risk factor for muscle injuries. The muscle-injury score allowed grading of muscle injuries and prediction of the time-loss.

Keywords:

Muscle Injury, Soccer, Return to Play, Muscle-Injury-Score, Muscle Length

Einleitung

Im Fussball sind Muskelverletzungen eine viel diskutierte Problematik, da sie sehr häufig auftreten und zu langen Ausfallzeiten führen können [1,2]. Sie sind im Profifussball für 30% der Ausfallzeiten verantwortlich [2]. Bei einem Team von 25 Spielern muss pro Saison mit 15 Muskelverletzungen, 223 Verletzungstagen, 148 verpassten Trainings und 37 verpassten Spielen gerechnet werden [2]. Alleine Hamstringsverletzungen betreffen 5–6 Spieler pro Saison und Team [3,4] und sind für eine Ausfallzeit von 90 Tagen und 15 Spielen verantwortlich [5]. Einerseits ist der Druck hoch, dass der Spieler möglichst schnell wieder zum Einsatz kommen kann, andererseits besteht ein Rezidivrisiko, das in der Literatur mit 16% im Profifussball sowie mit 38% im Nachwuchsfussball beschrieben wird [2,6].

Es ist offensichtlich, dass darum im Profifussball bereits verschiedene Ansätze zu Screeningmethoden, Untersuchungen zu Risikofaktoren [4,7–10] und Präventionsmassnahmen [11–19] bestehen. Witvrouw et al. [20] haben untersucht, ob die Muskellänge einen Risikofaktor darstellt. Sie konnten dies für Hamstrings- und Quadricepsverletzungen nachweisen, jedoch nicht für Adduktoren- und Wadenverletzungen. Hägglund et al. [21] haben gezeigt, dass eine vorangegangene indirekte Muskelverletzung ein grosser Risikofaktor ist, erneut eine Muskelverletzung zu erleiden. Auch Lee et al. [22] kamen in ihrer Studie zum selben Ergebnis. Zusätzlich zeigten sie, dass eine verminderte isokinetische Kraft der Hamstrings ein Risikofaktor für Hamstringsverletzungen darstellt. Ekstrand et al. [2] verglichen die Ausfallzeiten von Erstverletzungen und Rezidivverletzungen und konnten zeigen, dass die Rezidivverletzungen signifikant längere Ausfallzeiten hatten. Zudem scheinen die Hamstringsverletzungen im Nachwuchsereich ein besonders negativer prognostischer Faktor zu sein. [6].

Deswegen scheint es entscheidend, a) die Verletzung korrekt und vollständig ausheilen zu können und b) die Entstehung einer «Muskelverletzungs-Karriere» bereits am Anfang zu verhindern. Damit das möglich ist, ist es wichtig, den Schweregrad und die damit verbundene Heilungs- und Rehabilitationszeit korrekt einzuschätzen und die Muskelverletzungen im Verlauf regelmässig zu monitorisieren.

Die vorliegende Studie hatte deshalb zum Ziel, den Rehabilitationsverlauf und das Rezidivrisiko von Muskelverletzungen im Nachwuchsfussball zu untersuchen und Kriterien zu finden, die es ermöglichen, klinisch den Schweregrad der Verletzung zu identifizieren und den Heilungsverlauf zu monitorisieren.

Methodik

Zur initialen Gradierung des Schweregrades der Muskelverletzung wie auch zur Monitorisierung des Verlaufs wurden verschiedene klinische Kriterien im Muscle-Injury Score (MIS) zusammengefasst.

Die Studie basiert hierzu auf den Daten, welche von Fromm et al. in der vorliegenden Ausgabe erläutert werden [23]. Eingeschlossen wurden alle Verletzungen, bei denen eine vollständige Dokumentation der Daten vorhanden war. Die Studie wurde nach der aktuellen Deklaration von Helsinki zu ethischen Grundsätzen für medizinische Forschung am Menschen durchgeführt. Die Studie wurde von der Ethikkommission Nordwest- und Zentralschweiz bewilligt (ID:

2016-01138). Alle Spieler (sowie die Eltern der minderjährigen Spieler) gaben ihr schriftliches Einverständnis (Aufklärungsdokument gemäss Art. 29 HFV). Es wurden insgesamt 53 Muskelverletzungen von 110 Nachwuchsspielern (Durchschnittsalter 16,8 Jahre (14,3–21,0 Jahre) während 12 Monaten eingeschlossen.

Verletzungsdokumentation

Die Dokumentation der Verletzung umfasste detailliert, wie viele Tage die betroffenen Spieler verletzt waren und wie viele Trainingseinheiten resp. Spiele sie dadurch verpasst haben. Dabei wurden die Verletzungen nach Ausfallzeit (**Verletzungsdauer**) in vier verschiedene Kategorien (*Tabelle 1*) eingeteilt. Der **Verletzungs-(schwere)grad** wurde ebenfalls nach einer Klassifikation nach Müller-Wohlfahrt [24] eingeteilt: Grad I – Muskelverhärtungen; Grad II – Muskelzer- rung; Grad III – Muskelfaser-/Muskelbündelriss; Grad IV – Muskelriss/Avulsionsverletzung.

Leichte Verletzung	1–3 Tage
Mittlere Verletzung	4–7 Tage
Mittelschwere Verletzung	8–28 Tage
Schwere Verletzung	> 28 Tage

Tab. 1: Übersicht Einteilung nach Verletzungsdauer nach Müller-Wohlfahrt et al. [24]

Muskellängenmessung

Da von Witvrouw et al. [20] die Muskellänge als Risikofaktor für eine Muskelverletzung beschrieben wurde, wurde bei allen in der Studie eingeschlossenen Mannschaften (verletzte und nicht-verletzte Spieler) vor Studienbeginn eine Muskellängenmessung der unteren Extremität durchgeführt. Dabei wurden folgende Muskeln-/gruppen gemessen: Hüftbeuger, M. Rectus femoris, Hamstrings, Adductoren, M. Triceps surae (*Tabelle 2*). Die Muskellänge wurde definiert als endgradig möglicher Bewegungsumfang des betroffenen Gelenks und mittels Goniometer gemessen. Damit wurde die Muskellänge unabhängig von Körper- und Gliedmassenlänge. Alle Muskellängenmessungen wurden passiv und von zwei speziell dafür ausgebildeten Physiotherapeuten durchgeführt.

Muscle-Injury-Score (MIS)

Zur Einschätzung des Verletzungsschweregrades und der Verlaufsbeobachtung wurden insgesamt 5 Faktoren gewichtet und in den MIS eingeschlossen: Druckdolenz des verletzten Muskels, Längendehnschmerz, isometrischer Aktivierungsschmerz in Neutralposition, isometrischer Aktivierungsschmerz in Endposition und Schmerz auf konzentrische oder exzentrische Aktivierung. Maximaler Punktwert war dabei 17, minimaler 0. Je höher die Punktzahl, desto schwerer die Verletzung (*Tabelle 3*). Zur Gradierung des Schmerzes wurde die visuelle Analogskala für Schmerzen (VAS [25]) verwendet (0; kein Schmerz, 10; maximaler Schmerz).

Muskel/-gruppe	Position	Winkel
Hüftbeuger	Rückenlage, ein Knie auf dem Brustkorb, anderes Bein über die Liege überhängend	Winkel zwischen Liege und überhängender Oberschenkellängsachse
Rectus femoris	Bauchlage, Fuss Richtung Gesäss	Winkel zwischen Ober- und Unterschenkellängsachse
Hamstrings	Rückenlage, mit extendiertem Knie, Bein Richtung Decke.	Winkel zwischen Liege und Oberschenkellängsachse
Adduktoren	Rückenlage, ein Bein über Liegenrand herabhängend (Fixation, horizontale SIAS), anderes Bein mit extendiertem Knie abduziert	Winkel zwischen Liegelängsachse und Beinlängsachse
Triceps surae	Schrittstellung mit Ferse auf dem Boden, Knie gestreckt, Becken so weit nach vorne wie möglich	Winkel zwischen Boden und Unterschenkellängsachse

Tab. 2: Übersicht der Muskelmessungen und Winkelangaben.

Druckdolenz		Aktivierungsschmerz in der Neutralposition	
0	Keine Druckdolenz	0	Kein Aktivierungsschmerz auslösbar
1	Kein Schmerz aber subjektiv gefühlter Seitenunterschied	1	Kein Schmerz aber subjektiv gefühlter Seitenunterschied
2	Leichter Schmerz VAS 1–3	2	Leichter Schmerz VAS 1–3
3	Deutlicher Schmerz VAS 4–6	3	Deutlicher Schmerz VAS >4
4	Starker Schmerz VAS >7		
Dehnschmerz		Aktivierungsschmerz in der Endposition	
0	Kein Dehnschmerz, Voller Bewegungsumfang (ROM)	0	Kein Aktivierungsschmerz auslösbar
1	Kein Schmerz aber subjektiv gefühlter Seitenunterschied, Voller Bewegungsumfang (ROM)	1	Kein Schmerz, aber subjektiv gefühlter Seitenunterschied
2	Leichter Schmerz, Voller Bewegungsumfang (ROM) VAS 1–3	2	Leichter Schmerz VAS 1–3
3	Deutlicher Schmerz, evtl. mit eingeschränktem Bewegungsumfang (ROM); VAS 4–6	3	Deutlicher Schmerz/Aufgrund Verletzungsstadium nicht testbar VAS >4
4	Starker Schmerz, eingeschränkter Bewegungsumfang (ROM) VAS >7		
		Schmerz bei Konz./Exzentr. Aktivierung	
		0	Kein Aktivierungsschmerz auslösbar
		1	Kein Schmerz aber subjektiv gefühlter Seitenunterschied
		2	Leichter Schmerz VAS 1–3
		3	Deutlicher Schmerz/Aufgrund Verletzungsstadium nicht testbar VAS >4

Tab. 3: Muscle-Injury-Score. Der Gesamtwert berechnet sich aus der Summe der 5 Faktoren.

Statistik

Statistische Vergleiche von Mittelwerten wurden bei angenommener Normalverteilung mit dem Students t-test durchgeführt, für eine Signifikanz ein α -Fehler <0.05 vorausgesetzt. Der Effekt des MIS auf die Verletzungsdauer wurde mittels linearer Regression analysiert. Die statistische Analyse erfolgte mit intercooled Stata 12.0 (StataCorp LP, College Station, Tx) und mit Microsoft Excel 2016 16.0.6741.2048.

Resultate

Ausfallzeit

Die gesamte Verletzungsdauer, welche durch die 53 Muskelverletzungen verursacht wurde, betrug 1218 Tage. Dadurch

verpassten alle verletzten Spieler zusammen 949 Trainings und 179 Spiele. Durchschnittlich dauerte eine Verletzung 23 Tage (Minimum 3 Tage; Maximum 82 Tage) und war damit für 18 verpasste Trainingseinheiten und 3,4 verpasste Spiele verantwortlich. Pro Mannschaft fehlte damit in 191 Trainingseinheiten (88,4%) und in 36 (81,9%) Spielen ein Spieler wegen einer Muskelverletzung.

Basierend auf der Ausfallzeit wurden die meisten Verletzungen als mittelschwere Verletzung mit einer Ausfallzeit von 8–28 Tagen eingestuft (43%), gefolgt von den schweren Verletzungen mit 30% (Abbildung 1). Damit sind 73% der Muskelverletzungen mittelschwere und schwere Verletzungen.

Die durchschnittliche Verletzungszeit nach Lokalisation der verletzten Muskelgruppe ergab für den M. Rectus femoris mit 39,3 Tagen die längste Ausfallzeit. An zweiter Stelle folgten die Hüftbeuger mit 28,6 Tagen. Danach die Hamstrings mit 23,7 Tagen, die Adduktoren mit 18,9 Tagen

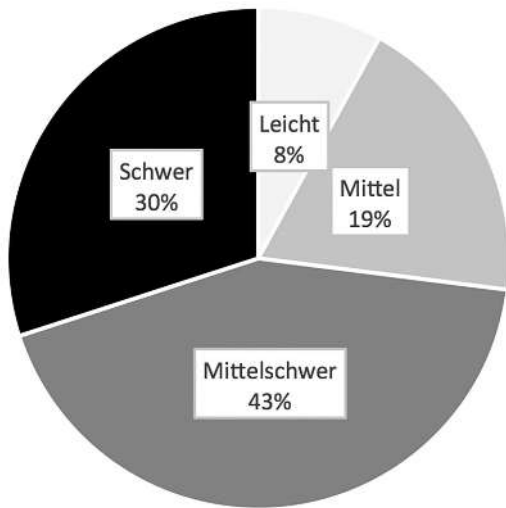


Abb. 1: Verteilung nach Verletzungsdauer (in %).

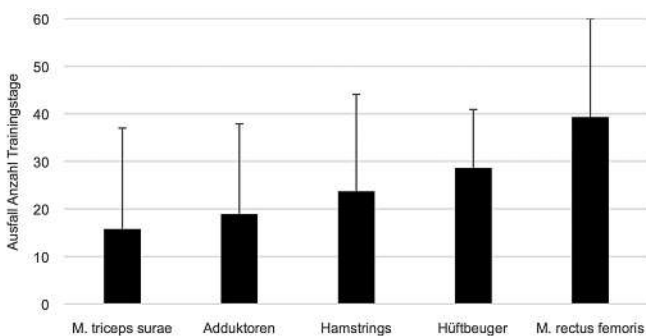


Abb. 2: Durchschnittliche Ausfallzeit (mit Standardabweichung) in Bezug zu den verschiedenen Muskelgruppen.

und schliesslich die Wadenmuskulatur mit 15,8 Tagen (Abbildung 2). Abbildung 3 zeigt die Ausfallzeit in Abhängigkeit des Verletzungsgrades und damit des initialen Schweregrades und zeigt, dass mit der Zunahme des Schweregrades auch die Ausfallzeit signifikant zunimmt. Die Ausfallzeit korreliert signifikant mit dem Verletzungsgrad. Die lineare Korrelationen betragen $r^2=0.65$ für die Anzahl Verletzungstage, $r^2=0.64$ für die Anzahl verpasste Trainingstage und $r^2=0.65$ für die Anzahl verpasste Spiele (jeweils $p<0.001$).

Muskellängenmessung

Die Muskellängen der Spieler, die sich im Verlaufe der nachfolgenden 12 Monate eine Muskelverletzung zugezogen hatten, unterschieden sich nicht signifikant von den Muskellängen der Spieler, die sich keine Verletzung zugezogen hatten (Abbildung 4). Damit stellt die Muskellänge in der vorliegenden, prospektiven Studie keinen Risikofaktor für eine Muskelverletzung dar.

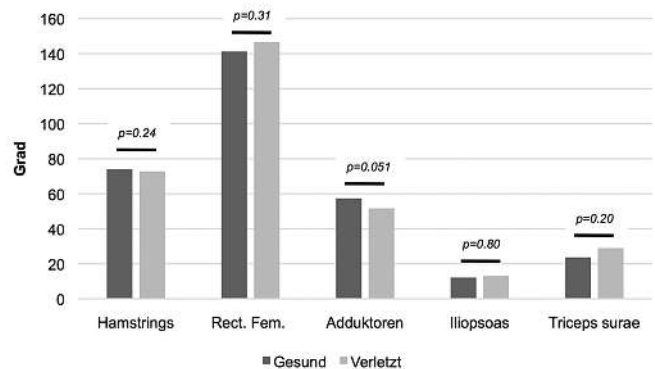


Abb. 4: Beweglichkeitsmessungen. Verglichen werden die Muskellängen der gesunden und der verletzten Spieler.

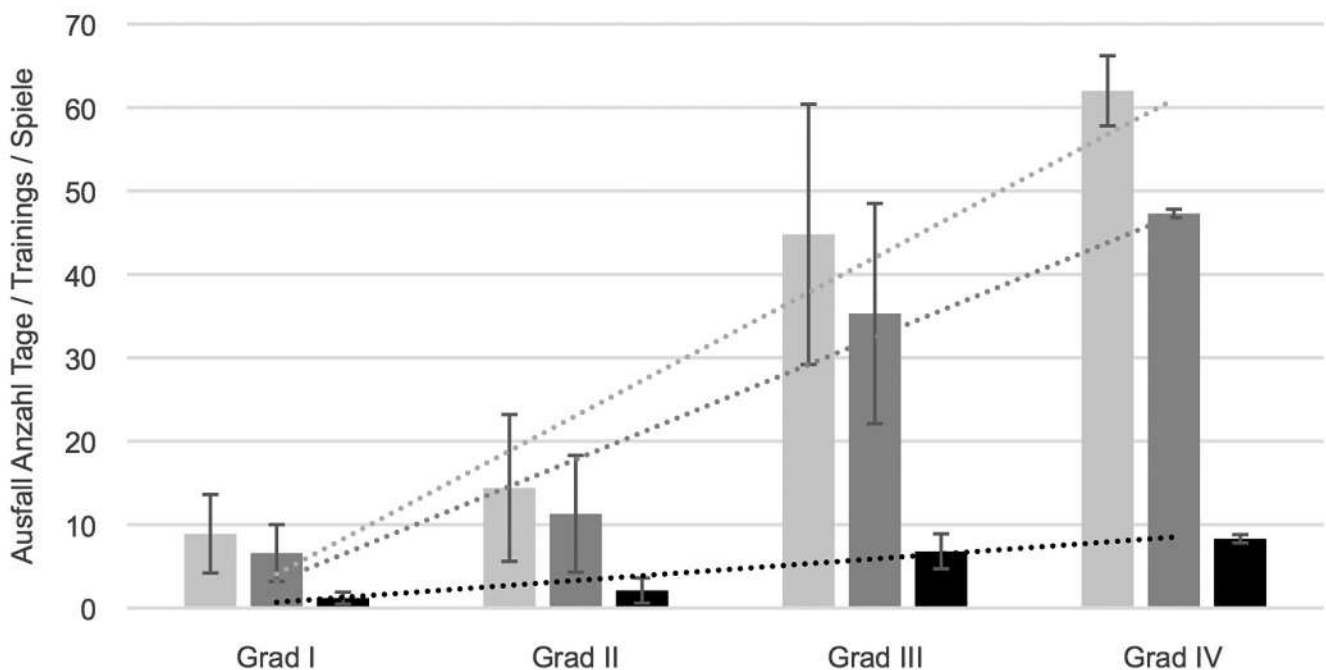


Abbildung 3: Ausfallzeit in Tagen / Trainings und Spielen nach Verletzungsgrad nach Müller-Wohlfarth [15].

Muscle-Injury-Score

Der Muscle-Injury-Score korreliert klinisch relevant und statistisch signifikant mit dem Verletzungsgrad ($r^2=0.54$, $p<0.001$) (Abbildung 5).

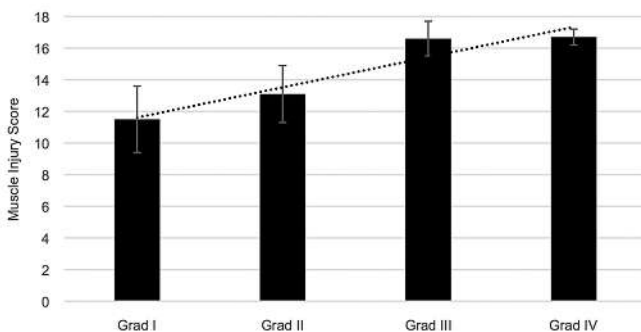


Abb. 5: Korrelation des Werts des Muscle-Injury-Score zum Verletzungszeitpunkt mit dem Verletzungsgrad.

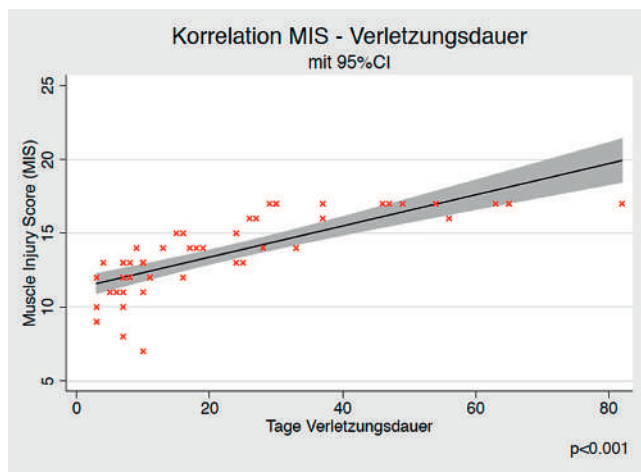


Abb. 6: Muscle-Injury-Score im Korrelation zur Verletzungsdauer mit 95% Konfidenzintervall.

Die lineare Regression zeigte einen statistisch signifikanten Effekt des Muscle-Injury-Score auf die Verletzungsdauer in Tagen ($p<0,001$). Pro Punkt im MIS kam es dabei zu einer mittleren Verlängerung der Verletzungsdauer von 5,8 (95% Konfidenzintervall 4,6–7,1) Tagen.

Diskussion

Die vorliegende Studie hat den Return to Sport von Muskelverletzungen im Nachwuchsfussball untersucht und dabei gemessen, ob die Muskellänge einen Risikofaktor für eine Muskelverletzung darstellt und ob mit einem geeigneten, klinischen Messinstrument der Schweregrad und die Verletzungsdauer von Muskelverletzungen monitorisiert werden kann. Hierfür wurde der Muscle-Injury-Score entwickelt. Dabei konnte gezeigt werden, dass der Verletzungsschweregrad signifikant mit der Ausfalldauer korreliert. Mit dem MIS kann eine Muskelverletzung gut monitorisiert werden und erlaubt auch eine Voraussage über die Verletzungsdauer. Die Muskellänge stellt im vorliegenden Spielerpool keinen Risikofaktor für eine Muskelverletzung dar.

Anhand der Einteilung der Muskelverletzung nach dem Konsensus von Müller-Wohlfahrt et al. [24] konnten alle Verletzungen in verschiedene Schweregrade kategorisiert werden. Dabei zeigte sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Verletzung und der damit bedingten Ausfallzeit. Auffallend ist der grosse Unterschied zwischen den funktionellen und den strukturellen Verletzungen. Dort macht die Ausfallzeit einen eigentlichen Sprung. Dies entspricht auch der klinischen Erfahrung, welche zeigt, dass bei den strukturellen Verletzungen die verschiedenen Wundheilungsphasen berücksichtigt werden müssen. Während in der vorliegenden Studie die Ausfallzeit bei Rectus femoris-Verletzungen am längsten ist (39,3 Tage), so spricht Woods et al. davon, dass die Hamstringsverletzungen die gravierendsten sind und im Schnitt zu einem Ausfall von 90 Tagen führen können [5]. Da die Studie von Woods et al. jedoch nur strukturelle Verletzungen miteinschliesst, können die Werte nicht miteinander verglichen werden. Die maximale Ausfallzeit in der vorliegenden Studie betrug jedoch 82 Tage, was deutlich weniger ist als der Durchschnitt von 90 Tagen bei Woods et al. [5]. Hierbei gibt es verschiedene Einflussfaktoren. Einerseits besteht im Adoleszentenalter noch eine schnellere Heilungszeit. Andererseits besteht im professionellen Fussball ein immenser Druck von verschiedenen Seiten (Trainer, Verein, Spielerberater, Umfeld usw.), ein Return to Play so früh als möglich zu erreichen. Hier hat der Teamarzt und -physiotherapeut eine Schlüsselrolle. Wann gibt er den Spieler wieder frei fürs Training, wann für das Spiel. In diesem Entscheidungsprozess kann der Muscle-Injury-Score eine gute und klinisch einfache Monitorisierungsmöglichkeit sein. Die vorliegende Studie kann zeigen, dass der MIS sehr gut mit dem Verletzungsgrad und der Ausfalldauer korreliert. Pro Punkt im MIS bei der initialen Verletzung fällt der Spieler im Schnitt 5,8 Tage aus. Möglich wäre auch, bei einer engmaschigen Monitorisierung ggf. gewisse Werte im MIS vorauszusetzen, um ein Return to Team, Return to Play usw. festzulegen. Noch fehlt dazu die genügend breite Erfahrung, noch fehlt eine Validisierung des Tests. Dazu wäre auch ein grösseres Kollektiv notwendig.

Um Muskelverletzungen möglichst verhindern zu können, gehört nicht nur die gute Ausbehandlung einer erlittenen Verletzung dazu, was über die gerade dargelegte Monitorisierung gegebenenfalls verbessert werden könnte, sondern es gehört auch ein Erfassen von möglichen Risikofaktoren dazu. Ein in der Literatur beschriebener und hinlänglich akzeptierter Faktor ist die Muskellänge [20]. Im hier untersuchten Kollektiv zeigte sich kein Unterschied zwischen den verletzten Spielern und den nicht-verletzten Spielern. Verschiedene Gründe könnten hierfür verantwortlich sein. Es handelt sich um einen sehr homogenen Spielerpool – Alter, Trainingsvolumen, Trainingsart/-inhalt. Somit ist nicht zu erwarten, dass sich die Muskellängen relevant unterscheiden. Über verschiedene Sportarten, verschiedene Altersstufen (Jugend – Elite – Senioren) oder über unterschiedlich hohe Trainingsvolumen (Profi – Hobbyfussballer) hinweg wäre wahrscheinlich ein grösserer Unterschied zu erwarten. Auch andere Risikofaktoren wie die Muskelkraft wurden kürzlich als Risikofaktor in Zweifel gezogen [26].

Es sind weitere Studien notwendig, um die Muskelverletzungen noch besser monitorisieren und behandeln zu können. Hierbei ist diese erste Studie bezüglich dem Muscle-Injury-Score sehr vielversprechend, bedarf jedoch weiterer Studien zum Verständnis von Funktion und Validität.

Acknowledgments, conflict of interest and funding

Die Autoren deklarieren, dass kein Interessenskonflikt besteht. Der medizinischen Abteilung der Nachwuchsabteilung wird für die Unterstützung bei der Datenerhebung gedankt.

Praktische Relevanz

- In einer Nachwuchs-Fussballmannschaft fehlt jeder Mannschaft in 85% ein Spieler in jedem Training und in jedem Spiel wegen einer Muskelverletzung. Der durchschnittliche Ausfall beträgt 23 Tage.
- Der Schweregrad der Verletzung korreliert signifikant mit der Dauer der Verletzung.
- Der Muscle-Injury-Score lässt eine gute Monitorisierung der Muskelverletzung zu.
- Die Muskellänge ist in der vorliegenden Studie kein Risikofaktor für eine Muskelverletzung.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Dr. phil. André Leumann
OrthoPraxis Leumann
Claragraben 78
4058 Basel
E-Mail: info@orthopraxisleumann.ch
Tel. +41 61 692 69 00
Fax +41 61 683 92 92



Referenzen

- Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33:745-64.
- Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39:1226-32.
- Orchard J, Seward H. Epidemiology of injuries in the Australian football league, seasons 1997–2000. *Br J Sports Med.* 2002;36:39–45.
- Pfirrmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players. *J Athl Train.* 2016;51:410-24.
- Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004;38:36-41.
- Cloke D, Moore O, Shah T, Rushton S, Shirley MD et al. Thigh muscle injuries in youth soccer: predictors of recovery. *Am J Sports Med.* 2012;40:433-9.
- Lee JWY, Chan HCK, Yung PSH, Chan KM. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport.* 2017; epub ahead of print.
- Schuermans J, Danneels L, Van Tiggelen D, Palmans T, Witvrouw E. Proximal Neuromuscular Control Protects Against Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Prospective Study With Electromyography Time-Series Analysis During Maximal Sprinting. *Am J Sports Med.* 2017;45:1315-25.
- Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L et al. Risk factor analysis for injuries in football players. Possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med* 2000;28:S69-S74.
- Light N and Thorborg K. The precision and torque production of common hip adductore squeeze tests used in elite football. *J Sci Med Sport.* 2016;19:888-92.
- Lopez-Valenciano A, Ayala F, Puerta JM, De Ste Croix M, Vera-Garcia F et al. A preventive Model for Muscle injuries : A novel approach based on learning algorithms. *Med Sci Sports Exerc.* 2017; epub ahead of print.
- Read PJ, Jimenez P, Oliver JL, Lloyd RS. Injury prevention in male youth soccer: Current practices and perceptions of practitioners working at elite English academies. *J Sports Sci.* 2017;11:1-9.
- Petersen J, Hölmich P. Evidence-based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005;39:319-323.
- Dvorak J, Junge A. Football injuries and physical symptoms. A review of the literature. *Am J Sports Med.* 2000;28:S3-S9.
- Dauty M, Potiron-Josse M, Rochongar P. Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players. *Ann Readapt Med Phys.* 2003;46:601-606.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13:244-50.
- Croisier JL. Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med.* 2004;34:681-95.
- Dvir Z. *Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications.* 2nd edition. Philadelphia, Pa: Churchill Livingstone; 2004.
- Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG. The effect of sports-specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *Br J Sports Med.* 2005;39:363-68.
- Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003;31:41-6.
- Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med.* 2013;41:327-35.
- Lee JWY, Mok KM, Chan HCK, Yung PSH, Chan KM. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport.* 2017; epub ahead of print.
- Fromm L, Meyer P, Tscholl PM, Leumann A. Die Bedeutung von Muskelverletzungen im Nachwuchs-Fussball. *Swiss Sports Exerc Med.* 2018;1:21-26.
- Mueller-Wohlfarth HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* 2013;47:342-50.
- Schomacher J. Guetekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung Quality Criteria of the Visual Analogue Scale for Pain Assessment. *Physioscience.* 2008;4:125-33.
- Bakken A, Targett S, Bere T, Eirale C, Farocq A, Mosler AB. Muscle strength is a poor screening test for predicting lower extremity injuries in professional male soccer players: a 2-year prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2018; epub ahead of print.