

Verletzungsprophylaxe im Frauennachwuchsleistungssport des Sportspiels Handball

(AZ 072040/18-19)

Marcus Schmidt, Kevin Nolte & Thomas Jaitner (Projektleitung)

TU Dortmund, AG Bewegungs- und Trainingswissenschaft

1 Problem

Im Handball lässt sich in den letzten Jahren eine zunehmende Zahl an Verletzungen der unteren Extremitäten beobachten, die vermutlich der in den letzten Jahren deutlich erhöhten Dynamik, dem zunehmenden Tempo der Spielaktionen, der daraus resultierenden hohen physischen Beanspruchung sowie der fehlenden Integration geeigneter Trainingsprogramme geschuldet ist (Luig et al., 2018). Insbesondere weibliche Nachwuchssportler weisen Defizite in der Kniegelenkstabilität und dem Landeverhalten auf und unterliegen damit einem erhöhten Risiko von Kreuzbandverletzungen. Eine höhere Verletzungsinzidenz in der zweiten Spielhälfte deutet zudem darauf hin, dass Ermüdung das Verletzungsrisiko weiterhin erhöht. Insgesamt liegen jedoch bezüglich des Einflusses von Ermüdung auf die Gelenkstabilität der unteren Extremitäten sowie Sprung- bzw. Landebewegungen nur eingeschränkte Erkenntnisse vor. Studien zur Verletzungsprophylaxe belegen, dass sich durch sensomotorisches und plyometrisches Training das Auftreten von Knieverletzungen reduzieren lässt. Das damit erzielte höhere Kraftniveau in Kombination mit einer höheren Gelenkstabilität trägt u. a. zur Vermeidung des dynamischen Valguskollaps in Risikosituationen für vordere Kreuzbandverletzungen bei. Ein weiterer, bislang wenig berücksichtigter Faktor für eine effektive Verletzungsprophylaxe wird in der Optimierung der Bewegungstechniken bei Sprüngen und Landungen gesehen (Gokeler et al., 2018).

Die Zielstellung des Forschungsvorhabens war somit zweigeteilt: Zum einen wurde analysiert, wie sich Risikofaktoren für Knieverletzungen unter Ermüdung verändern. Zum zweiten wurde

ein handballspezifisches Interventionsprogramm zur Verbesserung der Gelenkstabilität der unteren Extremitäten sowie zur Optimierung der Landetechnik bei ein- und beidbeinigen Sprüngen entwickelt und evaluiert.

2 Methode

2.1 Analyse ermüdungsbedingter Veränderungen biomechanischer Merkmale von verletzungsrelevanten Risikofaktoren

15 Nachwuchssportlerinnen ($15,9 \pm 0,9$ Jahre) nahmen an der Untersuchung teil. Es wurden nur Spielerinnen zugelassen, die sich in einem guten gesundheitlichen und körperlichen Zustand befanden. Ausschlusskriterien waren Muskel-, Band- oder Knochenverletzungen der unteren Extremitäten, die weniger als 2 Monate zurücklagen oder noch nicht vollständig regeneriert sind. Die Teilnehmerinnen absolvierten nach einem standardisierten Aufwärmen jeweils drei Durchgänge mit je drei beidbeinigen (DLL) und einbeinigen (SLL) Landungen aus 30 cm Höhe sowie Sidecuts (SC). Zwischen den Messungen wurden zwei handballspezifische Ermüdungsprotokolle absolviert. Das Ermüdungsprotokoll umfasste eine Reihe von Bewegungen wie Side-steps, Sprünge sowie hoch- und mittelin-tensive Läufe mit kurzen Unterbrechungen und eine Dauer von 20 Minuten, was die effektive Spielzeit einer Halbzeit im Nachwuchsfrauenhandball repräsentiert. Kinematische und kinetische Bewegungsmerkmale der unteren Extremitäten wurden mit einem 3D-Kamerasystem (120 Hz, Fa. Qualisys©) sowie zwei Kraftmessplatten (Fa. AMTI©) erfasst. Hüft- und Kniewinkel sowie Drehmomente in beiden Gelenken

wurden mittels inverser Dynamik berechnet und für das dominante und nicht-dominante Bein separat mittels ANOVA ausgewertet.

2.2 Entwicklung, Durchführung und Überprüfung der Effekte eines Präventionsprogrammes zur Vermeidung von Verletzungen der unteren Extremitäten

25 Spielerinnen von der C- bis zur A-Jugend ($16,3 \pm 1,2$ Jahre, 172 ± 6 cm, 70 ± 10 kg) absolvierten die Interventionsstudie. Das Studiendesign beinhaltete zwei Messzeitpunkte und eine Interventionsphase. Die Spielerinnen wurden nach Beendigung des Pretests in eine Interventionsgruppe (IG; N = 14) und eine Kontrollgruppe (KG; N = 11) aufgeteilt. Während des Interventionszeitraums trainierte die Kontrollgruppe handballspezifisch, sodass die gleichen Trainingsumfänge erreicht wurden. Insgesamt wurden 10 Trainingseinheiten mit einer Dauer von 35 bis 45 Minuten in einem Zeitraum von 12 Wochen durchgeführt. Die Intervention kombinierte sensomotorische Trainingsinhalte, plyometrische Sprungformen, spezifisches Techniktraining ein- und beidbeiniger Sprung- und Cutting-Bewegungen sowie ein stabilisierendes Krafttraining mit einem Fokus auf die Rumpfkraftfähigkeiten. Nach Beendigung der Intervention erfolgte die Überprüfung der Interventionseffekte durch eine erneute Durchführung der bereits oben dargestellten Testbatterie. Auch die Erhebung und Weiterverarbeitung der kinematischen und kinetischen Merkmale erfolgte analog zum oben geschilderten Vorgehen. Zur Überprüfung der Interventionseffekte wurden mittels t-Tests die Veränderungen von Pre- zu Posttest in den einzelnen Parametern untersucht. Als Effektstärken wurde Cohens d berechnet. Bei allen Analysen wurden die Werte für das dominante und das nicht-dominante Bein separat betrachtet.

3 Ergebnisse

3.1 Analyse ermüdungsbedingter Veränderungen biomechanischer Merkmale von verletzungsrelevanten Risikofaktoren

Die ANOVA zeigt für die Kinetik weder für das dominante noch für das nicht-dominante Bein einen Ermüdungseffekt. Ein signifikanter Effekt wurde für den initialen Knieflexionswinkel des dominanten Beins während SC gefunden ($\eta^2 = ,359$; $p = ,002$). Beim nicht-dominanten Bein unterschieden sich unter Ermüdung der initiale Hüftflexionswinkel während SC sowie die initialen und maximalen Knieflexionswinkel in allen Testaufgaben signifikant ($\eta^2 = ,209$ bis $,487$; $p = ,000$ bis $,038$).

3.2 Entwicklung, Durchführung und Überprüfung der Effekte eines Präventionsprogrammes zur Vermeidung von Verletzungen der unteren Extremitäten

Während bei der Kontrollgruppe lediglich Veränderungen des initialen und maximalen Hüftflexionswinkels bei DLL und SC sowie des Hüftabduktionsmomentes bei DLL auftraten, liegen für die Interventionsgruppe umfassende Veränderungen vor allem kinetischer Parameter vor. Zum einen kam es zu einer signifikanten Reduktion der vertikalen Bodenreaktionskraft auf der dominanten Seite bei DLL ($p = ,004$; $d = 1,482$) sowie auf der nicht-dominanten Seite bei SLL ($p = ,004$; $d = 0,572$). Abb. 1 zeigt die weiteren Parameter der Interventionsgruppe, bei denen es zu signifikanten Änderungen von Pre- zu Posttest kam.

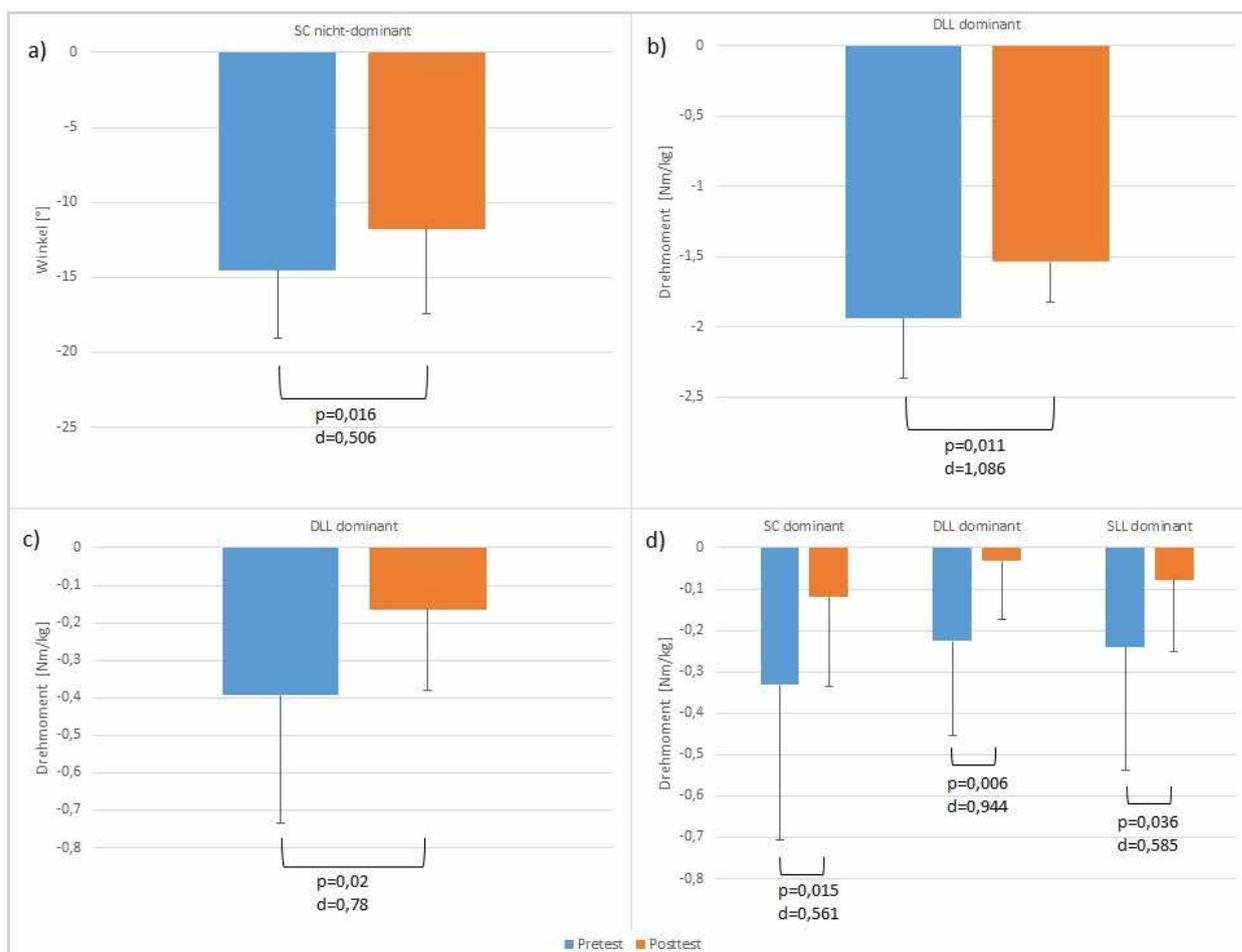


Abb. 1: Biomechanische Landeparameter der Interventionsgruppe. a) maximale Hüftabduktionswinkel des nicht-dominanten Beins bei SC; b) Knieflexionsmoment des nicht-dominanten Beins bei DLL; c) Hüftabduktionsmoment des dominanten Beins bei DLL; d) Knieabduktionsmoment des dominanten Beins bei SC sowie DLL und SLL

4 Diskussion

4.1 Analyse ermüdungsbedingter Veränderungen biomechanischer Merkmale von verletzungsrelevanten Risikofaktoren

Bemerkenswert an den Ergebnissen der Analyse ermüdungsbedingter Veränderungen biomechanischer Merkmale von verletzungsrelevanten Risikofaktoren ist, dass die induzierte Ermüdung die Lande- und Cuttingbewegungen bei Nachwuchshandballerinnen primär die kinematischen Merkmale der nicht-dominanten Seite verändert. Gegenüber Studien mit hochintensiven Ermüdungsprotokollen ändern sich die kinetischen Merkmale nicht (McLean et al., 2009). Präventive Maßnahmen im Training, aber

auch das Verhalten im Spiel mit zunehmender Ermüdung sollte diesem Aspekt ein besonderes Augenmerk widmen. Neben den gruppenübergreifenden Ergebnissen stellt vor allem auch die individuelle Analyse der Daten besondere Möglichkeiten dar. Abb. 2 veranschaulicht die Auswirkungen von Ermüdung auf den Abduktionswinkel des Knies einer Sportlerin. Ein negativer Abduktionswinkel indiziert dabei eine Valgusstellung. Es ist zu erkennen, dass sowohl zu Beginn der Landung als auch während der gesamten Stützphase höhere Knievalguswinkel unter Ermüdung erreicht werden. In Kombination mit einem geringeren Knieflexionswinkel begünstigt dies das Auftreten einer Kreuzbandverletzung (Kernozek et al., 2008) und sollte dementsprechend bei individuellen, präventiven Trainingsmaßnahmen oder im Spielverlauf entsprechend berücksichtigt werden.

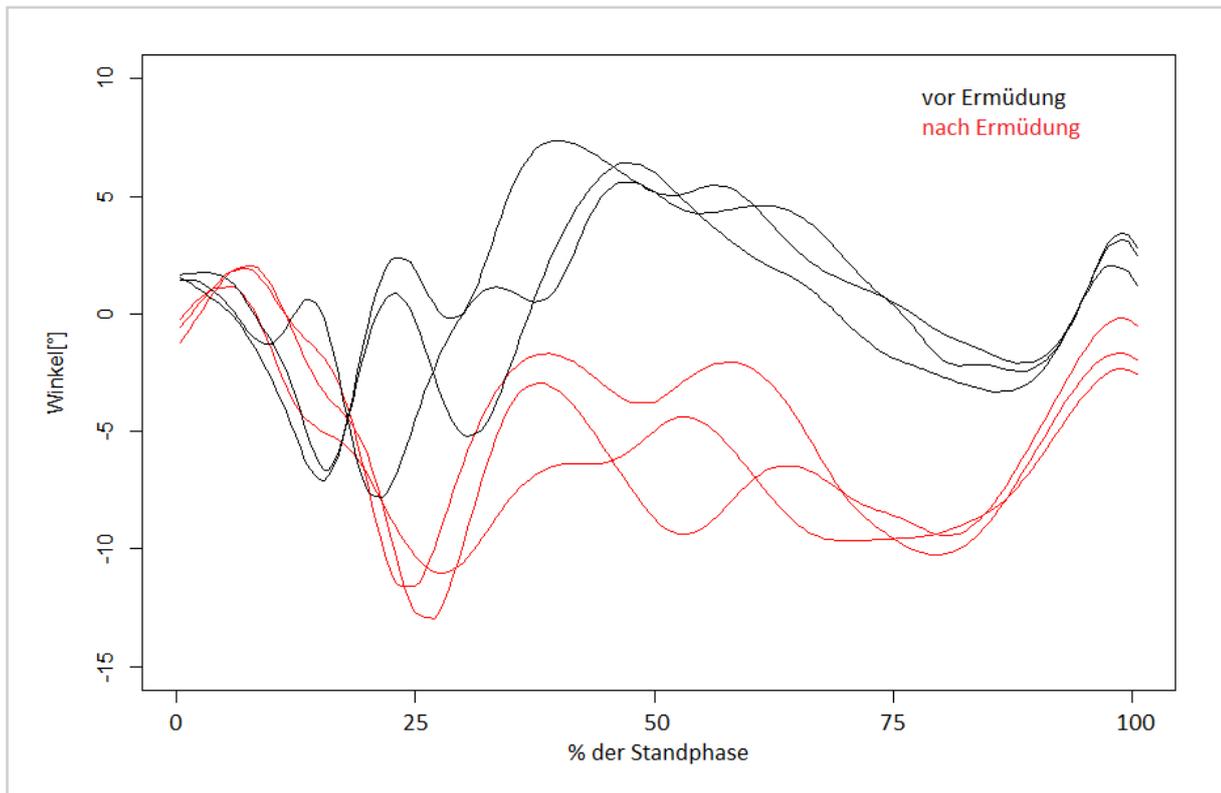


Abb. 2: Verlauf des Knieabduktionswinkels der nicht-dominanten Seite einer Athletin bei DLL vor (schwarz) und nach beiden Ermüdungsprotokollen (rot)

4.2 Entwicklung, Durchführung und Überprüfung der Effekte eines Präventionsprogrammes zur Vermeidung von Verletzungen der unteren Extremitäten

Die durchgeführte Trainingsintervention führte primär zu Verbesserungen bezüglich der kinetischen Bewegungsmerkmale bei Lande- und Cuttingbewegungen der jugendlichen Handballerinnen. In Übereinstimmung mit Myer et al. (2005) führte die mehrwöchige Intervention zu reduzierten Knievalgusdrehmomenten. Diese Änderungen betreffen die dominante Seite der Spielerinnen, während auf der nicht-dominanten Seite bei Cutting-Bewegungen nicht-signifikant reduzierte Werte (Pre: $0,74 \pm 0,42$ Nm/kg; Post: $0,66 \pm 0,55$ Nm/kg) auftreten. Bei einer vergleichbaren Untersuchung kommen Hewett et al. (1996) zum Ergebnis, dass eine Intervention basierend auf plyometrischem Training zu reduzierten Bodenreaktionskräften bei Landungen und damit einem verringerten Verletzungsrisiko führt. Neben den genannten signifikant reduzierten Bodenreaktionskräften (DLL dominante

Seite, SLL nicht-dominante Seite) liegen auch für alle anderen Bedingungen (SC beide Seiten, DLL nicht-dominante Seite und SLL dominante Seite) reduzierte Werte im Posttest vor. Die bei allen Testaufgaben fehlenden Veränderungen der kinematischen Merkmale deuten darauf hin, dass die niedrigeren Drehmomente weniger auf Änderungen der Bewegungstechnik zurückzuführen sind, als vielmehr auf veränderte neuromuskuläre Ansteuerungsmechanismen (Cowlley et al., 2017). Diese Aspekte müssen jedoch in zukünftigen Studien ausführlicher untersucht werden.

Neben den gruppenübergreifenden Ergebnissen eröffnet auch hier eine individuelle Datenanalyse besondere Einblicke in ein mögliches Verletzungsrisiko oder die Effekte einer Trainingsintervention, sowie Unterschiede der dominanten und nicht-dominanten Seite. Ergänzend zu den dargestellten Veränderungen der biomechanischen Bewegungsmerkmale bei Lande- und Cuttingbewegungen, zeigen Myer et al. (2005), dass durch eine mit dieser Studie vergleichbare Trainingsintervention ebenfalls Verbesserungen der vertikalen Sprungkraft

hervorgehoben werden können. Chaabene et al. (2019) zeigen darüber hinaus, dass plyometrisches Training bei jugendlichen Handballerinnen auch die Schnelligkeit bei Linearsprints und Richtungswechseln positiv beeinflusst. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass durch das dargestellte Präventionsprogramm auch Steigerungen des sportartspezifischen Leistungsvermögens bei Nachwuchshandballerinnen erreicht werden können. Die in diesem Projekt durchgeführte Trainingsintervention umfasste insgesamt lediglich 10 Einheiten innerhalb von 12 Wochen während der Saison. Dennoch zeigen sich bereits große Effektstärken (0,561 bis 0,944) bei der Reduktion des Knievalgusdrehmoments. Diese Ergebnisse verdeutlichen mögliche Ursachen für die in früheren Studien gefundenen positiven Effekte präventiver Trainingsintervention im Nachwuchshandball (Achenbach et al., 2018). In der ausgewählten Stichprobe traten im Interventionszeitraum keine Verletzungen auf, die mit längeren Ausfallzeiten der Spielerinnen verbunden waren. Dementsprechend kann eine ganzjährige Integration des Präventionsprogramms empfohlen werden, um langfristig sowohl Verletzungen zu vermeiden als auch die Leistungen im Sportspiel zu erhöhen. Wesentlich für die Umsetzung ist dabei der Einbezug aller beteiligten Personen (Spielerinnen, Vereinstrainer und -trainerinnen, Verbands- und Sichtungstrainer bzw. -trainerinnen, Vereinsfunktionäre oder Physiotherapeuten und -therapeutinnen) zur Erhöhung des Wissens bezüglich der präventiven Maßnahmen. Vor allem in der Trainerausbildung sollte diesem Thema mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden, um langfristig in den Vereinen klare Strukturen und Trainingskonzeptionen zur nachhaltigen Minimierung von Verletzungen zu implementieren (Møller et al., 2018).

5 Literatur

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., ... Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology Arthroscopy*, 26(7), 1901-1908.
- Chaabene, H., Negra, Y., Moran, J., Prieske, O., Sammoud, S., Ramirez-Campillo, R., & Granacher, U. (2019). Plyometric Training Improves Not Only Measures of Linear Speed, Power, and Change-of-Direction Speed But Also Repeated Sprint Ability in Female Young Handball Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Cowley, J. C., & Gates, D. H. (2017). Inter-joint coordination changes during and after muscle fatigue. *Human Movement Science*, 56 (Pt B), 109-118.
- Gokeler, A., Benjaminse, A., Seil, R., Kerkhoffs, G., & Verhagen, E. (2018). Using principles of motor learning to enhance ACL injury prevention programs. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34(1), 23-30.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric Training in Female Athletes: Decreased Impact Forces and Increased Hamstring Torques. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 765-773.
- Kernozek, T. W., Torry, M. R., & Iwasaki, M. (2008). Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(3), 554-565.
- Luig, P., Bloch, H., Klein, C., & Büsch, D. (2018). *Diagnostik und Betreuung im Handball – Praktikable Tests und Tools zur Leistungssteigerung und Verletzungsprävention*. Hamburg: VBG.
- McLean, S. G., & Samozov, J. E. (2009). Fatigue-induced ACL injury risk stems from a degradation in central control. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(8), 1661-1672.
- Møller, M., Ageberg, E., Bencke, J., Zebis, M. K., & Myklebust, G. (2018). Implementing Handball Injury Prevention Exercise Programs: A Practical Guideline. In L. Laver, P. Landreau, R. Seil, & N. Popovic (Eds.), *Handball Sports Medicine: Basic Science, Injury Management and Return to Sport* (pp. 413-432). Springer.
- Myer, G. D., Ford, K. R., Palumbo, J. P., & Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *Journal of Strength Conditioning Research*, 19(1), 51-60.