

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

PRÄVENTION VON SCHWEREN KNIEVERLETZUNGEN IM JUGENDHANDBALL

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der

Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von

Leonard Achenbach

2018

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

PRÄVENTION VON SCHWEREN KNIEVERLETZUNGEN IM JUGENDHANDBALL

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der

Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von

Leonard Achenbach

2018

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter: PD Dr. Hans Werner Krutsch

2. Berichterstatter: PD Dr. Jens Werner

Tag der mündlichen Prüfung: 28.06.2018

Gliederung

Zusammenfassung/Summary	4
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	8
1 Einleitung	9
1.1 Verletzungen im Jugendhandball	9
1.2 Verletzungsrisiko im Handball	12
1.2.1 Intrinsische und extrinsische Risikofaktoren	13
1.2.1.1 Intrinsische Risikofaktoren.....	13
1.2.1.1.1 Alter.....	13
1.2.1.1.2 Geschlecht.....	13
1.2.1.1.3 Vorherige Verletzungen.....	14
1.2.1.1.4 Sportspezifische Adaptationen.....	14
1.2.1.1.5 Weitere Risikofaktoren.....	15
1.2.1.2 Extrinsische Risikofaktoren.....	15
1.2.1.2.1 Hallenboden.....	15
1.2.1.2.2 Wetterbedingungen.....	15
1.2.2 Phasen mit erhöhtem Verletzungsrisiko	15
1.2.3 Trainingslast und Verletzungsrisiko	16
1.2.3.1 Interne und externe Trainingslast.....	16
1.2.3.1.1 Biologische Reaktion.....	17
1.2.3.2 Möglichkeiten der Kontrolle der Trainingslast.....	17
1.2.3.3 Überwachung von Sportlern.....	19
1.2.3.4 Trainingslast und Verletzungsrisiko.....	20
1.2.3.5 Absolute Belastung und Verletzungsrisiko.....	20
1.2.3.6 Relative Belastung und Verletzungsrisiko.....	21
1.2.4 Verletzungsanfällige Techniken im Handball.....	21
1.3 Verletzungspräventionsprogramme im Handball	22
1.3.1 Verletzungsprävention in Europa	22

1.3.2 Verletzungsprävention mit Zusatzmaterialien im Handball	23
1.3.3 Verletzungsprävention ohne Zusatzmaterialien in anderen Sportarten	25
1.4 Fragestellung	25
2 Methodik.....	26
2.1 Studiendesign.....	26
2.1.1 Studienzeitraum.....	26
2.1.2 Registrierung der Studienteilnehmer.....	26
2.1.3 Einschluss- und Ausschlusskriterien.....	27
2.1.4 Schriftliche Einverständniserklärung der Studienteilnehmer.....	27
2.1.5 Randomisierung der Mannschaften.....	27
2.1.6 Instruktionen an die Mannschaftstrainer.....	27
2.1.7 Datenerhebung per Online-Datenbank.....	27
2.1.8 Persönlicher Kontakt mit Mannschaftstrainern.....	28
2.2 Definitionen.....	28
2.3 Fragebögen.....	29
2.3.1 Fragebogen I Registrierung.....	30
2.3.2 Fragebogen II Anthropometrische und sportspezifische Daten.....	30
2.3.3 Fragebogen III Handballexposition der Spieler.....	30
2.3.4 Fragebogen IV Verletzung.....	30
2.4 Video-DVD.....	31
2.4.1 Präventionsprogramm.....	31
2.4.1.1 Allgemeines Aufwärmprogramm.....	31
2.4.1.2 Neuromuskuläre Übungen.....	33
2.4.1.3 Technikübungen.....	36
2.4.2 Trainingshinweise.....	37
2.4.3 Trainingsvorgaben.....	38
2.5 Produktion DVD.....	39
2.6 Statistik.....	39

3 Ergebnisse.....	40
3.1 Studienteilnehmer	40
3.2 Anthropometrische Daten.....	40
3.3 Handballspezifische Ergebnisse.....	41
3.4 Verletzungsstatistik.....	43
4 Diskussion.....	49
4.1 Verletzungsreduktion durch Präventionsübungen	49
4.2 Allgemeine Verletzungsdaten.....	50
4.3 Unterschiede der Interventions- und Kontrollgruppe.....	51
4.4 Weitere Verletzungstypen.....	51
4.5 Verletzungsverteilung über den Saisonverlauf	52
4.6 Limitierungen des Studiendesigns	52
4.7 Empfehlungen für die Handballpraxis.....	53
5. Fazit.....	54
Literaturverzeichnis.....	55
Anhang	62
Übungsblock A.....	62
Übungsblock B.....	69
Danksagung	

Zusammenfassung

Hintergrund: Handball ist mit einem hohen Risiko verbunden, eine schwere Knieverletzung zu erleiden. Dieses Risiko sollte reduziert werden, insbesondere im Jugendhandball. Der Grund der Studie war zu zeigen, wie ein Verletzungspräventionsprogramm effektiv schwere Knieverletzungen in jugendlichen Handballspieler/-innen reduziert.

Methodik: Von 23 jugendlichen Handballmannschaften beider Geschlechter wurden 13 in die Interventionsgruppe (168 Spieler/-innen) und 10 in die Kontrollgruppe (111 Spieler/-innen) randomisiert. Die Spieler der Interventionsgruppe führten regelmäßig ein Verletzungspräventions-Übungsprogramm durch. Die Handballexposition und erlittene Verletzungen wurden für beide Gruppen monatlich dokumentiert. Der primäre Endpunkt des Verletzungspräventionsprogramms war die Inzidenz von schweren Knieverletzungen.

Ergebnisse: Von den 279 eingeschlossenen Spieler/-innen erlitten 68 (24%) insgesamt 82 Verletzungen. Dies ergab eine Inzidenz von 1,85 Verletzungen pro 1000 h Handballexposition (Interventionsgruppe: 50 Verletzungen, Inzidenz: 1,90 Verletzungen pro 1000 h; Kontrollgruppe: 32 Verletzungen, Inzidenz 1,78 Verletzungen pro 1000 h). Knieverletzungen waren die zweithäufigste Verletzung in Jugendhandball. Der primäre Endpunkt "schwere Knieverletzung" wurde signifikant häufiger in der Kontrollgruppe [Durchschnittsalter (SD) 15,1 (1,0), Verletzungsinzidenz 0,33/1000 h] erlitten, als in der Interventionsgruppe [Durchschnittsalter 14,9 (0,9), Verletzungsinzidenz 0,04/1000 h]. Die Odds Ratio war 0,11 (95% CI 0,01-0,90), $p = 0,019$. Andere Verletzungen der unteren Extremität zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei Gruppen.

Schlussfolgerungen: Regelmässige neuromuskuläre Übungen reduzieren das Verletzungsrisiko von schweren Knieverletzungen in Jugendhandball und sollten daher in den Trainingsalltag als auch in die Ausbildung der Mannschaftstrainer integriert werden.

Summary

Purpose: Team handball is associated with a high risk of severe knee injury that needs to be reduced, particularly at the youth level. The purpose of this study was to show how an injury-prevention programme effectively reduces severe knee injury in adolescent team handball players.

Methods: Of 23 adolescent handball teams of both sexes, 13 were randomly allocated into the intervention group (168 players) and 10 into the control group (111 players). Players of the intervention group regularly participated in an injury-prevention programme for one season. Handball exposure and sustained injuries were documented for both groups on a monthly basis. The primary outcome parameter of the injury-prevention programme was the incidence of severe knee injury.

Results: Of the 279 included players, 68 (24%) sustained 82 injuries yielding an overall incidence of 1.85 injuries per 1000 h handball exposure (intervention group: 50 injuries/incidence: 1.90/1000 h; control group: 32 injuries/incidence: 1.78/1000 h). Knee injury was the second most frequent injury in adolescent team handball. The primary outcome parameter, severe knee injury occurred significantly more often in the control group [mean age (SD) 15.1 (1.0), injury incidence 0.33/1000 h] than in the intervention group [mean age (SD) 14.9 (0.9), injury incidence 0.04/1000 h]. The odds ratio was 0.11 (95% CI 0.01–0.90), $p = 0.019$. Other injuries to the lower extremities showed no significant difference between the two groups.

Conclusions: Frequent neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players and should thus be included in the practical routine as well as in the education of team coaches.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Dokumentierte Verletzungsraten bei Jugendhandballspielern

Tabelle 2 Übungsmodule

Tabelle 3: Hauptteil des Präventionsprogramms mit neuromuskulären Übungen

Tabelle 4 Anthropometrische Daten der Studienteilnehmer

Tabelle 5 Verteilung der Feldposition

Tabelle 6 Verteilung der dominanten Wurfhandseite

Tabelle 7 Verteilung der Handballexposition in Stunden

Tabelle 8 Verteilung der Handballerfahrung als Vereinssport der Spieler in Jahre

Tabelle 9 Verletzungsarten für Interventions- und Kontrollgruppe

Tabelle 10 Verletzungsschwere für Interventions- und Kontrollgruppe

Tabelle 11 Verletzungen je Körperstelle für Interventions- und Kontrollgruppe

Tabelle 12 Anzahl und Inzidenz an Knieverletzungen

Tabelle 13 Anzahl und Inzidenz an Sprunggelenksverletzungen

Tabelle 14 Verteilung der durchschnittlichen Handballexposition und Verletzung über die Saison

Abb. 1 Spieltypische Situationen für Kreuzbandriss-Verletzung

Abb. 2 Aufwärmübung "Hopserlauf"

Abb. 3 Aufwärmübung "Armkreisen vorwärts"

Abb. 4 Aufwärmübung "Seitlich überkreuzen"

Abb. 5 Hinweise für die Technikübungen für Finten

Abb. 6 Hinweise für die Technikübungen für Landungen

Abb. 7 Darstellung unterschiedlicher Bänderdominanz während Landungen von zwei verschiedenen Spielerinnen

Abb. 8 Darstellung einer muskelbetonten Landung mit dem Hinweis "leise landen"

Abb. 9 Illustration einer korrekten Fintentechnik

Abb. 10 Printversion der produzierten, gepressten Verletzungspräventions-DVD

Abb. 11 Flow-chart der Studie

Abb. 12 Übung A1 Unterarmlieggestütz seitlich

Abb 13. Übung A2 Nordic hamstring

Abb. 14 Übung A3.1 In Bauchlage Ball übergeben

Abb. 15 Übung A3.2 Partnerübung: Hände berühren

Abb. 16 Übung A4.1 Partnerübung: Einbeinstanddrücken

Abb. 17 Übung A4.2 Partnerübung: Landen nach Stoßen ohne Ball in der Luft

Abb. 18 Übung A4.3 Sprung- und Landeübung mit Kontakt

Abb. 19 Übung A4.1 Einbeinstanddrücken mit Ball

Abb. 20 Übung A5.2 Sprunglauf

Abb. 21 Übungsalternative A5.2 Einbeinige Sprungserie mit Prellen

Abb. 22 Übung B1.2 Unterarmstütz gerade und eine Hand heben

Abb. 23 Übung B2.3 Dynamischer Becken-Seitstütz mit Drehung mit einem Ball

Abb. 24 Übungsalternative B3.3 Handstand-Abrollen

Abb. 25 Übung B3 Exzentrische Aussenrotation der dominanten Schulter

Abb. 26 Übung B4.1 Einbeinstand mit Zusatzaufgabe Standwaage

Abb. 27 Übung B4.1 Einbeinstand mit Zusatzaufgabe Ball jonglieren

Abb. 28 Technikübung Finte Stufe 1 Einbeiniger Haken ohne Ball

Abb. 29 Technikübung Finte Stufe 1 Einbeiniger Haken ohne Ball – Fehlerbild

Abb. 30 Technikübung Finte Stufe 2 Einbeiniger Haken mit Ball

Abb. 31 Technikübung Finte Stufe 4 Haken nach Nullschritt mit Ball

Abb. 32 Technikübung Finte Stufe 5 Haken nach Nullschritt mit Gegenspieler

Abb. 33 Technikübung Landung Stufe 1 Beinbeinsprünge vorwärts

Abb. 34 Technikübung Landung Stufe 2 Sprungpässe von Langbank

Abb. 35 Technik Landung Stufe 4 Sprungpässe mit Kontakt

Abb. 36 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 1 Abfangen aus dem Kniestand

Abb. 37 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 2 Fallwurf aus dem Kniestand

Abb. 38 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 3 Abrutschen aus dem Lauf

Abb. 39 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 4 Abrutschen aus dem Sprung

Abb. 40 Technik Rückwärts Abrollen Stufe 1 Rückenschaukel ohne Handeinsatz

Abkürzungsverzeichnis

BHV = Bayerischer Handball Verband

BMI = Body-Mass Index

GPS = global positioning system (Übersetzung:

HBL= Handball-Bundesliga

HKB = Hinteres Kreuzband

KI = Konfidenzintervall

VBG = Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

VKB = Vorderes Kreuzband

OR = Odds Ratio

RPE = Rating of perceived exertion

TRIMP = Training impulse

1 Einleitung

In Deutschland, dem größten Handballverband der Welt, spielen jedes Jahr mehr als 40% (305,230) aller Spieler im organisierten Jugendhandball [Bestandserhebung DOSB 2016]. Handball ist ein dynamischer und körperlich fordernder Sport, hat einen intermittierenden Charakter und wechselt zwischen kurzen hochintensiven Phasen mit oder ohne Ball wie Sprints, Sprüngen und Finten und niedrigintensiven Phasen wie taktischen Aufbau und Spielunterbrechungen. Um auf höchstem Niveau mitspielen zu können müssen die Spieler den ständig erhöhten athletischen Anforderungen widerstehen können und sind dadurch einem erhöhten Verletzungsrisiko ausgesetzt.

Eine zunehmende Dynamik und damit steigende physische Belastung in den letzten Jahren bedeutete jedoch auch eine höhere Belastung des Bewegungsapparates. Während das Unfallgeschehen im Profi-Männerhandball analysiert wird, die Ursachen untersucht und daraus zielgerichtete und in Zukunft maßgeschneiderte Präventions- und Rehabilitationsmaßnahmen ableiten kann, ist der Kenntnisstand im Jugend- und Amateurhandball noch sehr gering [VVBG Sportreport 2016, 2017].

Folgt man der grundsätzlichen Systematik der Sportunfallprävention, so muss zuerst eine quantitative Deskription des Unfallgeschehens erstellt werden. Darauf schliesst sich eine eingehende Analyse der Ätiologie an [van Mechelen et al. 1992]. Diese Informationen über kausale Zusammenhänge sind essentiell, um potentielle Ansatzpunkte für die Entwicklung präventiver Massnahmen zu identifizieren [Krosshaug et al. 2005].

1.1 Verletzungen im Jugendhandball

Frühe Studien, die sich auf Jugendhandballer fokussiert haben, haben ähnliche Verletzungsraten wie bei den Erwachsenen suggeriert, mit Schätzungen zwischen 8,9 und 14 Verletzungen/ 1000 h Spiel und 1,7 – 4,3 Verletzungen / 1000 h Training (Nielsen und Yde 1988, Backx et al. 1991). Nielsen und Yde folgten prospektiv jungen Handballspielern zwischen 7 und 18 Jahren in einem einzelnen Sportverein in Dänemark und meldeten eine Gesamtverletzungsinzidenz in Spielen von 10 Verletzungen/ 1000 h Spiel (11/1000 h bei Mädchen und 9/1000 h bei Jungen). Mit Versicherungsaufzeichnungen berichtete de Loeset et al. 1995 niedrigere Verletzungsrisiken bei Jugendlichen mit 0,7 Verletzungen/ 1000 h Spiel und Training. Wedderkopp et al. evaluierten die gesamte Inzidenz an Verletzungen im dänischen Handball, nicht nur Verletzungen, die eine Ausfalldauer von mind. 1 Tag beinhalten, sog. "time-loss" Verletzungen. Sie führten erst eine retrospektive Studie durch die zeigte, dass junge Spielerinnen (16-18 Jahre) die höchste Verletzungsinzidenz mit bis zu 41 Verletzungen/ 1000 h Spiel besitzen [Wedderkopp et al. 1997]. In der darauf folgenden prospektiven Studie war die Inzidenz in der Kontrollgruppe (die gleichen Spieler, die in der Vorsaison durch die retrospektive Studie befragt wurden) 23 Verletzungen/ 1000 h Spiel. Jedoch können diese Studien nicht direkt mit anderen Studien verglichen werden, da die

“time-loss” Verletzungen nicht separat betrachtet wurden. Wedderkopp et al. führten danach noch eine weitere retrospektive Studie über eine Saison hinweg in einer Population von 163 jungen Spielerinnen (14 – 16 Jahre) durch, und berichteten eine Verletzungsrate von 52 Verletzungen / 1000 h Spiel (Wedderkopp et al. 1999).

In einer prospektiven Studie in Norwegen folgten Olsen et al. 428 Spielern (15 – 18 Jahre), die in 25 Mädchen- und 9 Jungmannschaften spielten. Sie registrierten alle Verletzungen (nicht nur “time-loss”) und fanden eine Verletzungsrate in Spielen von 8,3 / 1000 h für Jungs und 10,4 für Mädchen. Trainingsverletzungen waren jeweils 0,6 Verletzungen / 1000 h and 1,0 / 1000 h (Olsen, Myklebust et al. 2006). In einer randomisiert-kontrollierten Studie eines Verletzungspräventionsprogramms untersuchte Olsen et al. 1837 Spieler zwischen 15 und 17 Jahren (120 Mannschaften) und registrierte 298 Verletzungen. Die Kontrollgruppe (Jungs und Mädchen kombiniert) zeigte eine Rate von 10,3 Verletzungen / 1000 h Spiel und 0,6 Verletzungen / 1000 h Training (Olsen, Myklebust et al. 2005). Reckling et al. evaluierten 100 deutsche Jugendspieler (50 Mädchen, 50 Jungs) und berichteten 130 Verletzungen in 73 Spielern (Reckling, Zantop et al. 2003).

In einer Fall-kontrollierten Studie in den Niederlanden mit 642 Spielern wurde gezeigt, dass Spieler älter als 20 Jahre ein höheres Verletzungsrisiko haben als Spieler, die jünger als 20 Jahre sind (Odds Ratio = 1,9)(Dirx, Bouter et al. 1992). Ein ähnlicher Trend wurde in einer jüngeren Studie von Moller et al. gezeigt, die 517 männliche und weibliche Elite-Handballspieler in Dänemark in die Studie integrierten (Altersgruppen u-16, u-18 und Senioren). Die demographischen Daten, Verletzungsanamnese und Sportererfahrung wurde durch eine Internet-basierte Webseite abgefragt während wöchentliche Verletzungsberichte und Handballexposition für 31 Wochen mittels short-message service (SMS) abgefragt wurden. Die Antwortrate war mit 85-90% sehr hoch (Moller, Attermann et al. 2012). Sie registrierten 448 Verletzungen wobei davon 165 Überlastungsverletzungen (37%) und 283 (63%) traumatische Verletzungen waren. Die Verletzungsinzidenz während Spielen war 23,5, 15,1 und 11,1 Verletzungen pro 1000 Spielstunden für Senioren, u-18 und u-16 Spieler. Traumatische Verletzungsraten wurden mit 4,9, 3,7 und 3,3 Verletzungen / 1000 h Spiel beschrieben während Überlastungsverletzungen eine Inzidenz von 2,2, 2,1 und 2,7 hatten. Männliche u-18 Spieler hatten insgesamt ein 1,76-fach höheres Risiko, eine Verletzung zu erleiden, als Mädchen. Zwei oder mehr vorherige Verletzungen, die in eine Abwesenheit von Handball für mehr als 4 Wochen resultierte, erhöhte das Risiko, eine neue Verletzung zu erleiden in der u-16 Gruppe mit IRR: 1,79-2,23.

Eine andere, noch jüngere Studie von der gleichen Forschergruppe mit ähnlicher Datensammlungsmethode untersuchten 679 Elite-Jugendspieler zwischen 14 und 18 Jahren und betrachteten das Verhältnis zwischen Handballlast (in Spiel- und Trainingsstunden) und Schulterverletzungen über 31 Wochen (Moller, Nielsen et al. 2017). Sie entdeckten, dass eine starker Anstieg an wöchentlicher Trainingslast das Verletzungsrisiko in dieser Studienpopulation erhöhte. Sie fanden auch eine 2,5-fach höhere Schulterinzidenz als bisher publiziert (1,4 / 1000 h gegenüber 0,6) (Moller, Atterman et al. 2012).

Jüngste Statistiken der Versicherungsdaten aus Schweden zeigten einen anderen Trend als

Verletzungsdaten in Handballspielern nach Altersgruppen untersucht wurden. Hier zeigte sich die höchste Anzahl an Verletzungen in der Altersgruppe der 15 bis 19 Jährigen (41%), gefolgt von den 10 bis 14 Jährigen (21%) und 20 bis 24 Jährigen (20%) [Aman et al. 2016].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich widersprechende Angaben in der Literatur zu finden sind, wenn Verletzungsraten in jugendlichen und erwachsenen Spielern verglichen werden, mit einem Trend Richtung höhere Prävalenz in jungen Spielern (Tabelle 1). Dies ist wahrscheinlich das Ergebnis an der insgesamt niedrigen Anzahl an epidemiologischen Studien in Jugendhandball, unterschiedlichen Verletzungsdefinitionen, unterschiedlichen Datensammlungsmethoden und nur wenigen jungen Studien über Überlastungsverletzungen.

Die häufigste Verletzungslokalisation im Jugendhandball ist die untere Extremität, die mehr als die Hälfte der Verletzungen darstellt [Moller et al. 2012, Nielsen et al. 1998, Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2006]. Hierbei stellt die Knieverletzung, insbesondere die Kreuzbandverletzung, in der Altersgruppe der 15 bis 19 Jährigen, die häufigste Verletzung dar [Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2006, Myklebust et al. 2003, Myklebust et al. 2013].

Autor (Jahr)	Altersgruppe und Geschlecht	Anzahl an Spielern/-innen	Verletzungsdefinition	Verletzungsrate pro 1000 h (Spiel/Training)	Wichtige Ergebnisse	Datensammlung
Nielsen and Yde (1988), Beijer et al. (1991)	7-18 Jahre	221	“time-loss”	8.9-14 (Spiel) 1.7-4.3 (Training)		Prospektiv
Dirx, Bouter et al. 1992	> 12 Jahre	642	“medical attention” und “time-loss”		Höheres Risiko für Spieler >20 Jahre als < 20 Jahre	Case-control
De Loes et al. (1995)	14-20 Jahre	Not reported	“time-loss”	0.7 (Spiel und Training)	Geringeres Verletzungsrisiko für Jugendspieler	Versicherungsaufzeichnungen
Wedderkopp, Kaltoft et al. (1997)	16-18 Jahre, weiblich	217	“medical attention” und “time-loss”	41 (Spiel)		Retrospektiv
Wedderkopp	14-16	237	“medical	23 (Spiel)		Prospektiv

p, Kaltoft et al. (1999)	Jahre, weiblich		attention” und “time-loss”			
Wedderkop p, Kaltoft et al. (2003)	15-18 Jahre	163	“medical attention” und “time-loss”	52 (Spiel)		Retrospektiv
Olsen, Myklebust et al. (2005)	15-17 Jahre	1,837	“medical attention” und “time-loss”	0.6 (Training) and 10.3 (Spiel) (Kontrollgruppe)		Prospektive, randomisiert - kontrollierte Studie
Olsen, Myklebust et al. (2006)	15 – 18 Jahre	428	“medical attention” und “time-loss”	0.6 (Training) and 8.3 (Spiel) in Männern, 1.0 (training), and 10.4 (match) in females		Prospektiv
Moller, Atterman et al. (2012)	Erwachsene, u-18 und u-16	517	“time-loss”	23.5 für Erwachsene, 15.1 für u-18, 11.1 für u-16 (alle: Spiel)	Männl. U-18 Spieler haben ein 1,8 fach höheres Verletzungsrisiko im Vergleich zu weiblichen Spielerinnen	Prospektiv
Aman et al. (2016)	0-100 Jahre	16,456	“time-loss”		Verletzungsanteile unterscheiden sich zwischen Altersgruppen: 10-14 Jahre (21%), 15-19 Jahre (41%), 20-24 Jahre (20%)	Versicherungsaufzeichnungen

Tabelle 1: Dokumentierte Verletzungsraten bei Jugendhandballspielern in der Literatur

1.2 Verletzungsrisiko im Handball

Verletzungen sind kein Zufall. Eine multifaktorielle Beeinflussung modifiziert das Verletzungsrisiko in jeder Spiel und Trainingssituation. In den letzten drei Jahrzehnten wurden Modelle für Verletzungsursachen entwickelt, die zum Verständnis von Verletzung bei Athleten beitragen. Diese Modelle beinhalten intrinsische und extrinsische Risikofaktoren, Phasen mit einem erhöhten Risiko und Trainingsbelastung.

1.2.1 Intrinsische und extrinsische Risikofaktoren

1.2.1.1 Intrinsische Risikofaktoren für Kreuzbandrisse

1.2.1.1.1 Alter

Vordere Kreuzbandrisse im Handball häufen sich im jungen Alter. In diesen Phasen sind Änderungen der anthropometrischen Komposition und daraus resultierenden Änderungen von biomechanischen Hebeln ungenügend durch das muskuloskeletale System stabilisiert. Das geschieht meistens in schnellen Wachstumsphasen, insbesondere der Pubertät. Das Verletzungsrisiko für Kreuzbandrisse ist daher bei 15-19 jährigen Spieler/-innen am höchsten [Reckling, Zantop et al. 2003, Laver 2014].

1.2.1.1.2 Geschlecht

Frauen haben generell ein erhöhtes Verletzungsrisiko in Teamsportarten als Männer [Reckling, Walden 3x]. Betrachtet man die Gesamtanzahl an Spielerinnen und Spielern beider Geschlechter, so ist die Inzidenz einer VKB-Ruptur um 2 bis 3 mal höher im Frauen- als im Männerhandball. Einige Unterschiede zwischen Männern und Frauen konnten als Ursache des erhöhten Risikos bestimmt werden. So haben Frauen einen höheren Anteil an kontaktlosen VKB-Verletzungen als männliche Spieler. Hewett konnte vier Hauptursachen aufzeigen, warum Frauen eine höhere Rate an Kreuzbandrissen haben als Männer [Hewett et al. 2005, Hewett et al. 2010, Hewett et al. 2011]. Die "Bänder-Dominanz" stellt eine neuromuskuläre Dysbalance dar, die in bestimmten Situationen zu einer dynamischen Knievalgus-Position führt, zum Beispiel bei Landungen nach einem Sprung. Die insuffizient stabilisierenden Muskeln können den Stoß nicht genügend dämpfen, was zu einer höheren Belastung der gelenkstabilisierenden Bänder führt. "Quadrizeps-Dominanz" verweist auf eine Dysbalance zwischen der kniestickehenden Quadrizeps-Muskulatur und dem Antagonisten, der ischiocruralen Muskulatur. Nach einem Sprung neigen Frauen zu einer gestreckteren Landung als Männer [Hewett]. Der M. quadriceps femoris dominiert daher die Stabilisation des Kniegelenks während der Landung. Das führt zu einer gestreckten Knieposition und einer höheren Belastung des VKB durch einen anterioren Zug über die Tibia. Ein weiterer Risikofaktor ein Kreuzbandriss zu erleiden, nennt sich "Bein-Dominanz". Hierbei zeigen Muskelkraft und -steuerung höhere Seitenunterschiede in Frauen auf [Hewett et al. 2005]. Während es ein Bein somit gewöhnt ist, stärkeren Belastungen standzuhalten, wird das andere Bein während alltäglichen Belastungssituationen geschont. In bestimmten Spielsituationen sind die Spieler dazu gezwungen das Belastungsprofil der beiden Beine zu tauschen und belasten das schwächere Bein stärker. Hierbei kann es zu Belastungsspitzen kommen, die das Bein nicht tolerieren kann und das Knie und

VKB wird überlastet und reißt. In einer unveröffentlichten Studie des FIFA Exzellenzzentrums Regensburg konnte nachgewiesen werden, dass insbesondere dann Kreuzbandrupturen am Schussbein auftreten, wenn dieses als Standbein fungiert. Athleten, die kein adäquates Gefühl für die Position des Rumpfs im dreidimensionalen Raum aufweisen und bei Ablenkung des Rumpfes eine größere reaktive Korrekturbewegung benötigen, haben ein erhöhtes Risiko, eine vordere Kreuzbandruptur zu erleiden. Dieser vierte Risikofaktor wird „Rumpf dominance“ genannt [Hewett et al. 2011].

Hormonelle Veränderungen haben einen hohen Einfluss auf Athleten während einer Saison, insbesondere bei Frauen. Östrogenbedingte Schwankungen spielen bei unterschiedlicher Fitness und Spielstärke im Laufe einer Saison eine wichtige Rolle und beeinflussen die Muskulatur und Bänder, die bei Frauen deutlich laxer sind im Vergleich zu Männern [Grimm et al. 2007]. Diese Eigenschaft hat zur Folge, dass Frauen einen nicht unerheblichen Teil der Verletzungen beim Fußball an den Gelenken der unteren Extremität erleiden [Tegnander et al. 2008, Dvorak, Junge et al. 2009, Junge, Dvorak et al., 2013]. Für Handballspielerinnen wird bei gleichen Voraussetzungen die selbe Kausalität angenommen.

1.2.1.1.3 Vorherige Verletzungen

Ein weiterer wichtiger Risikofaktor für einen VKB-Riss sind vorherige VKB-Verletzungen oder Knieverletzungen [Hägglund et al. 2016]. Ein VKB-Riss auf einer Seite stellt ein erhöhtes Risiko für eine Kreuzbandverletzung auf der anderen Seite dar. Frühere Knieverletzungen führen zu einer ständigen Veränderung der Propriozeption. 80% von Fußballspielern mit VKB-Rissen erlitten in der kurzen Phase vor der Verletzung eine vorherige Verletzung, die meistens eine kleine Verletzung war, so zum Beispiel Oberschenkel-, Sprunggelenkverletzung oder sogar Blasen an den Zehen oder Ferse. Diese Faktoren führen zu einer Veränderung der Koordination der unteren Extremität [Hewett et al. 2010] und erhöhen damit die Verletzlichkeit des vorderen Kreuzbands.

1.2.1.1.4 Sportspezifische Adaptionen

Unterschiedliche Sportarten sind durch eine Vielzahl an hochspezifischen, stereotypischen Bewegungsmustern charakterisiert. Wenn die Bewegungen mit einer genügenden Anzahl für eine lange Zeitperiode ausgeübt werden, rufen sie sportspezifische Adaptionen hervor, die den biologischen und biomechanischen Strukturen erlauben, diese Belastungen besser zu verarbeiten. Diese Adaptionen betreffen Knochen, Bänder, muskuloskelettale und myofasziale Strukturen und sind in allen Sportarten durch eine asymmetrische Verteilung der Belastungen zwischen der linken und der rechten Körperhälfte charakterisiert. Im Handball sind dies das Sprung- und Schwungbein und die dominante Wurf Schulter. Grundsätzlich erhöhen diese Adaptionen die Qualität der sportspezifischen Bewegungsmuster und haben somit einen positiven Effekt auf die Leistung des Sportlers im jeweiligen Sport. Andererseits können diese Adaptionen Veränderungen in muskulären Belastungen hervorrufen und manchmal zu einer Überlastung und unphysiologischen Belastung der muskuloskelettalen Strukturen führen. Dies könnte somit zu einem zusätzlichen

Risikofaktor führen, da sie die Stresstoleranz der Strukturen überlasten und zu einer Verletzung führt [Mayr, Zaffagnini 2016].

1.2.1.1.5 Weitere Risikofaktoren

Weitere intrinsische Risikofaktoren, die das Risiko einer VKB-Verletzung erhöhen sind erhöhtes Gewicht und Body-Mass-Index sowie Gewichtsänderungen. Eine Studie fand eine 2,8 mal höhere VKB-Verletzungsanfälligkeit bei generalisierter Laxheit der Bänder [Dharamsi et al. 2013, Uhorchak et al. 2016]. Subtalare Überpronation, ein grösserer Quadriceps-Winkel (Q-Winkel), eine steilerer Slope des Tibia-Plateaus und ein schmaler interkondylärer Notch wurden als Risikofaktoren genannt, jedoch ist die aktuelle Datenlage ungenügend, um diese Faktoren ausreichend einzuschliessen. Psychologische Aspekte wie Spielerfahrung, Motivation or Leistungsdruck können auch eine Rolle spielen [Dharamsi et al. 2013].

1.2.1.2 Extrinsische Risikofaktoren

1.2.1.2.1 Hallenböden

Es konnte gezeigt werden, dass sich das Verletzungsrisiko auf verschiedenen Hallenböden ändert. Modernere Parkettböden mit einer niedrigeren Reibung und Haftung haben ein um 2,5-fach niedrigeres VKB-Verletzungsrisiko als alte künstliche Hallenböden mit höherer Reibung [Olsen et al. 2003]. Zusätzlich zu diesen Daten zeigt die Datenlage in die Richtung, dass der Wechsel von einem Hallenboden auf einen anderen Boden, zum Beispiel bei Auswärtsspielen, zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führt, die Datenlage ist allerdings noch unzureichend.

1.2.1.2.2 Wetterbedingungen

Trockenes Wetter erhöht das Risiko einer VKB-Verletzung im Australischen Football und könnte daher auch ein erhöhtes Risiko im Feld- und Rasenhandball darstellen [Alentorn et al. 2005]. Die Datenlage für den Handball ist jedoch zum jetzigen Zeitpunkt auch hier noch unzureichend.

1.2.2 Phasen mit erhöhtem Verletzungsrisiko

Spezielle Phasen innerhalb einer Saison oder Karriere haben ein erhöhtes Kreuzbandriss-Risiko, vor allem der Beginn der Saison, der Übergang vom Jugend- zum Seniorenalter und der Aufstieg auf ein höheres Leistungsniveau.

Die Vorbereitungszeit und die ersten Spieltage einer neuen Saison im Amateur- und professionellen Fußball stellen ein erhöhtes Risiko dar, sich eine vordere Kreuzbandverletzung zuzufügen. Die Kombination aus Sommerpause mit Verlust an Fitness, Muskelkraft und Muskelansteuerung, und dem plötzlichen physischen Anstrengung in der Saisonvorbereitung lässt dieses Phase der Saison als besonders anfällig für VKB-Rupturen erscheinen. In den Phasen während der Saisonvorbereitung in denen die neuromuskuläre Müdigkeit besonders hervortritt, haben die Spieler eine verminderte

Propriozeption, das zu einer unkontrollierteren Gelenksbelastung der unteren Extremität führt. Schnelle Richtungswechsel nach dem Sprint oder Drehbewegungen können dann zu einem Kreuzbandriss führen.

Der Übergang vom Jugend- zum Seniorenalter scheint ebenso eine gefährliche Phase darzustellen. Södermann et al. stellte ein erhöhtes Risiko für VKB-Verletzungen bei Jugendspielerinnen dar, die bei den Senioren mitspielten [Södermann et al. 2002].

Die physische Belastung wird sich für einen Sportler ändern, wenn er die Mannschaft wechselt, insbesondere, wenn das neue Team in einer oder mehreren Ligen spielt. Auch der Aufstieg der eigenen Mannschaft in eine höhere Liga erhöht die Belastung für die Spieler. Krutsch et al. konnte zeigen, dass die Einführung einer neuen professionellen dritten Fußball-Bundesliga die Rate von VKB- und HKB-Verletzungen in der ersten Saison erhöht hat [Krutsch et al. 2016]. Luig et al. untersuchte die ersten beiden Handball-Bundesligen der Männer vor und nach der Umstrukturierung der zweiten zweigleisigen Bundesliga auf eine einzige zweite Bundesliga (mit resultierendem höherem Niveau) und konnte innerhalb der ersten zwei Saisons einen Anstieg der Verletzungsinzidenz der zweiten Handball-Bundesliga zur fast gleichen Anzahl wie die der ersten Bundesliga zeigen [persönliche Kommunikation].

1.2.3 Trainingslast und Verletzungsrisiko

Jede Sportverletzung im Handball erleidet man während der Ausübung einer Trainingseinheit oder eines Spiels. Spielbelastungen treten aufgrund der kompetitiven Anforderungen des Sports auf während die Spieler Trainingsbelastungen ausgesetzt werden mit dem Ziel positive physiologische Veränderungen hervorzurufen und Leistung zu maximieren. Die verschiedenen biologischen Adaptationen, die durch (angemessenes) Training hervorgerufen werden erhöhen die Kapazitäten der Spieler, Belastungen zu widerstehen, und können somit vor Verletzungen schützen.

In einer Analyse der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft zeigte die erste Handball-Bundesliga (HBL) in der Saison 2014/15 eine Verteilung von 38,3% Spielverletzungen und 61,7% Trainingsverletzungen [VBG Sportreport 2016]. Vergleicht man die Verteilung der Verletzungen für jeden Monat innerhalb der Saison wurden im Vergleich zu den anderen Monaten der Saison mehr Verletzungen in den klassischen Saisonvorbereitungsmonaten im Juli und Januar erlitten. In diesen Monaten haben die Spieler eine höhere Trainingsexposition als in den anderen Monaten aber die Evidenz im Handball ist bisher unzureichend, ob erhöhtes Trainingsvolumen und erhöhte Trainingsintensität eine Rolle spielen. Im Folgenden wird die verfügbare Studienlage beschrieben, die Sporttraining und Verletzungsrisiko in Spportsportarten, insbesondere im Fußball, verbinden.

1.2.3.1 Interne und externe Trainingslast

Eine äußere Trainingslast verweist zu jedem externen Reiz, der auf den Athleten wirkt und die individuelle biologische Reaktion zu dieser äußeren Last bzw. Belastung nennt sich innere Last

bzw. innere Belastung [Halson et al. 2014, Wallace et al. 2009]. Im Handball verweist das erste auf die Qualität, Quantität, Organisation und Inhalt der körperlichen Übungen, die vom Trainer vorgegeben werden, und das letztere auf den physiologischen und psychologische Zustand.

1.2.3.1.1 Biologische Reaktion

Die externe Trainingslast stimuliert eine biologische Reaktion und schliesslich eine Adaptation der menschlichen Körpersysteme. Der Reiz für Adaptationen durch Training ist der physiologische Stress, i.e. die innere Last, die auf den Spieler durch die externe Trainingslast wirkt [Booth, Thomason 1991, Viru, Viru 2000]. Training führt zu einer kurzfristigen Abnahme der physischen Leistung und ruft Müdigkeit hervor. Diese Abnahmen stammen typischerweise von erhöhtem Muskelverletzungen, Beeinträchtigungen des Immunsystems, Ungleichgewichten in der anabolisch-katabolischen Homöostase, Stimmungsänderungen und Verringerungen der neuromuskulären Funktion [Russel et al. 2016, Nedelec et al. 2012, Gunnarsson et al. 2013, Krstrup et al. 2011, Ispirlidis et al. 2008, Mohr et al. 2016, Tsubakihara et al. 2013]. Die resultierende Müdigkeit nach einer Trainingslast kann bis zu vier bis fünf Tage dauern um wieder auf die Ausgangswerte zurückzukehren. Dieser Müdigkeit folgt eine Superkompensationsphase, bei der der Körper sich adaptiert und die spezifischen Fähigkeiten erhöht, die durch die initiale Last beeinflusst wurde. In Sportarten, die regelmässig Training und Spiele austragen, wie beim Handball und Fußball, wird sich die Müdigkeit über die Saison anhäufen [Chiu, Barnes 2003]. Die Periodisierung wurde mit dem Ziel entwickelt, diese Adaptationsprozesse und -effekte zu manipulieren. Handballspieler und Handballtrainer treiben ihr Training durch Trainingsvolumen und Trainingsintensität bis ans Limit um damit ihre Leistung zu maximieren.

Das Ziel von der Belastungssteuerung ist es, Training, Spiele und andere Belastungen optimal zu konfigurieren, um Adaptationen und Leistungen zu maximieren und das Verletzungsrisiko so gering wie möglich zu halten. Belastungssteuerung beinhaltet dadurch die angemessene Organisation, Überwachung und Anpassung der äusseren und inneren Belastung. Im Handball gibt es jedoch nur geringe Informationen zum Verhältnis des Trainingsreizes und der darauf folgenden Reaktion.

1.2.3.2 Möglichkeiten der Kontrolle der Trainingslast

Das Verhältnis zwischen Trainingsprogrammen und Gesundheitsfolgen kann über die Kontrolle der Trainingsbelastung und daraus folgende Verletzungen diskutiert werden. Die Beurteilung der Trainingsbelastung beinhaltet die Messung der äusseren und inneren Belastung, wobei die Messinstrumente für die erste generell oder handballspezifisch, und für die letztere objektiv und subjektiv sein können. Um ein Verständnis für die äussere Trainingslast zu erreichen, können eine Vielzahl an Messinstrumenten und Technologien von Spielern, Trainern und medizinischem Personal verwendet werden [Halson et al. 2014].

Einzelne Übungen wie gedrücktes Gewicht oder hinterlegte Distanzen über einen gewissen

Zeitraum zu messen, kann helfen, Kraftleistung zu quantifizieren. Das Training kann aufgezeichnet werden, um eine Vielzahl an Parametern zu bestimmen, zum Beispiel Kraft-, Schnelligkeits- und Beschleunigungsparameter. Die Verfolgung per "global positioning system" (GPS) oder die Bewegungsmuster-Analyse per digitales Videorecording sind bekannte Systeme für eine Zeitbewegungs-Analyse. Die Zuverlässigkeit der GPS-Verfolgung zur Bewegungsüberwachung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie zum Beispiel Messfrequenz, Geschwindigkeit, Dauer und Übungstyp. Je höher die Geschwindigkeit der Bewegung, desto niedriger erscheint die GPS-Zuverlässigkeit [Aughey RJ et al. 2011]. Die neuromuskuläre Funktion wie Sprungtests (Squat Jump, Drop Jump), Sprintleistung und isokinetische und isoinerte Dynamometrie sind aufgrund der Einfachheit und minimalen Ermüdung im Mannschaftssportarten häufig benutzt [Twist und Highton 2013]. So muss der Spieler für z.B. den Drop Jump von einer 30cm erhöhten Kiste hinunterspringen und nach Bodenkontakt sofort wieder so hoch wie möglich vertikal springen [Young, Bilby 1993]. Die benötigte Ausrüstung beinhaltet eine Kontaktmatte und tragbare oder nicht-tragbare Kraftmatten [Halson et al. 2014]. Gemeinsame Parameter von Sprungtests beinhalten Durchschnittskraft, Kraftgeschwindigkeit, maximale Kraftspitzen, Sprunghöhe, Flugzeit, Bodenkontaktzeit und Kraft-Geschwindigkeits-Rate [Taylor 2015, Twist, Highton 2013]. Weitere äussere Faktoren wie Lebensabschnitte, tägliche Beschwerden oder Reisen können ebenso wichtig sein.

Zur Überwachung der inneren Trainingslast bieten sich ebenso mehrere Möglichkeiten an. Die Wertung der wahrgenommenen Anstrengung ("Rating of Perceived Exertion", RPE) basiert darauf, dass der Sportler seinen physiologischen Stress während einer Übung wahrnehmen kann und retrospektiv über seine wahrgenommene Anstrengung nach dem Training oder Spiel Auskunft geben kann [Halson et al. 2014]. Die meistbenutzte Skala wurde durch Gunnar Borg eingeführt und bewertet die Anstrengung auf einer Skala von 6 bis 20. Die Skala folgt der generellen Herzfrequenz eines gesunden jungen Erwachsenen multipliziert mit der Zahl 10. Zum Beispiel würde eine Anstrengung, die als 14 gewertet wurde, mit einer Herzfrequenz von ungefähr 120 Schläge pro Minute korrelieren. Die RPE korreliert mit der Herzfrequenz bei kontinuierlichen und hochintensiven Intervall-Training im Radtraining aber nicht bei kurzen, hochintensiven Fußball Einheiten [Borresen, Lambert 2009]. Die Wertung wird daher oft mit anderen Parametern kombiniert, die zusätzliche Informationen über die innere Trainingslast schliessen lässt. Foster entwickelte die Methode der Wertung der wahrgenommenen Anstrengung einer Einheit ("Session Rating of Perceived Exertion"), die die RPE des Athleten auf einer Skala von 1-10 mit der Dauer der Trainings- oder Spieleinheit in Minuten multipliziert [Foster et al. 1996, Foster 1998]. Diese einfache Methode zeigte sich als valide und verlässlich mit individuellen Korrelationen zwischen 'session RPE' und summierten Herzfrequenz-Zonen Scores, so auch im Fußball [Borresen et al. 2008]. Die 'session RPE' wurde mit dem Ziel entwickelt, die Notwendigkeit zu eliminieren, Herzfrequenz-Monitoren oder andere Methoden der Objektivierung der Übungsintensität benutzen zu müssen. Während 'Session RPE' eine einfache, valide und verlässliche Methode ist, so kann die Hinzunahme von Herzfrequenz Monitoring helfen, einige Variabilitäten zu erklären, die sonst unklar wären [Halson et al. 2014].

Die Überwachung der Herzfrequenz während einer Übungseinheit basiert auf dem linearen Verhältnis zwischen Herzfrequenz und der Rate des Sauerstoffverbrauchs während kontinuierlichen, zyklischen Übungen [Hopkins et al. 1991]. Der Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz kann genutzt werden um die Intensität zu kontrollieren während die Herzfrequenz-Regeneration beschreibt, mit welcher Rate die Herzfrequenz nach einer Einheit wieder auf den Ruhepuls zurückkehrt. Letzteres sollte mit höherem Trainingsniveau schneller stattfinden. Tägliche individuelle Variationen in der Herzfrequenz erschweren die individuelle Reaktionen auf Trainingseinheiten und somit die Interpretation der Testergebnisse und macht die Kontrolle der Parameter wie Flüssigkeitshaushalt, Umwelt und Arzneimittel wichtig.

Der Begriff "Training impulse" (TRIMP) wurde von Sir Eric Banister eingeführt mit dem Ziel eine Übungs dosis als eine einzelne Zahl mit Integration von Zeit, Intensität und relativ-subjektiv gewerteter Intensität zu beschreiben [Banister 1991]. Die durchschnittliche Herzfrequenz wird anhand dem Verhältnis zwischen Herzfrequenz und Blutlaktat gewichtet, die bei stufenweisen Übungen beobachtet werden, und wird dann multipliziert mit der Übungsdauer. Das Model wurde mit Fokus auf Ausdauertraining entwickelt und hat limitierten Nutzen für Sportarten mit intermittierenden Charakter wie Fußball und Handball, da die durchschnittliche Herzfrequenz nicht die Veränderungen und Herzfrequenzspitzen erfasst, die während einer intermittierenden Übung geschehen.

Die biochemische, hormonelle und immunologische Betrachtung der Athleten is limitiert und kein definitiver Parameter konnte identifiziert werden um innere Trainingslast zu kontrollieren oder Müdigkeit zu messen, da alle Parameter hohe inter- und intraindividuelle Unterschiede aufweisen und von vielen Faktoren abhängig sind, unter anderem Temperatur, Flüssigkeitshaushalt, Ernährung und benutzte Übungen. Der meistebenutzte Test ist die Messung der Laktatkonzentration aufgrund der Einfachheit der Probengewinnung und -analyse, und da die Messung sensibel auf Veränderungen in Übungsintensität und -dauer ist [Beneke et al. 2011].

Fragebögen sind eine einfache Methode die Trainingslast zu bestimmen und basieren auf subjektiven Informationen. Jedoch können die Athleten die Daten manipulieren und die Trainingslast über- oder unterschätzen. Psychomotorische Tests sind oft computergesteuerte Tests und erfassen die Reaktionsgeschwindigkeit und schnelle visuelle Informationsaufnahme. Übertrainierte Athleten berichten regelmässig über Symptome wie Konzentrationsschwierigkeiten, kognitive Beschwerden oder Gedächtnisprobleme [Nederhof et al. 2006]. Die Kontrolle von Schlafqualität und -quantität kann nützlich sein um frühzeitig Leistungs- und Gesundheitsabfälle zu detektieren. Sportler können in Tagebüchern die Anzahl der Stunden Schlaf und die wahrgenommene Schlafqualität notieren. Mit Hilfe der Aktigraphie, einem Verfahren zur Messung der menschlichen Ruhe- und Bewegungszyklen im Schlaf können mittels bewegungssensiblen Armbändern verschiedene Parameter und Schlafrou tinen ermittelt werden [Halson et al. 2014].

1.2.3.3 Überwachung von Sportlern

Mit der Überwachung von Athleten können essentielle Daten gewonnen werden, um die Antwort der Athleten auf ein verschriebenes Trainingsprogramm zu verstehen. Dadurch können Ziele erreicht werden wie die Erhöhung der Trainingseffektivität und die Minimierung von Müdigkeiten und Verletzungen. Diese Überwachung kann auf verschiedene Weisen ausgeübt werden, abhängig von der Vertrautheit der Athleten und des Trainingsstabs mit den unterschiedlichen Monitor-Möglichkeiten. Es erscheint jedoch, dass Selbsteinschätzungen der Sportler und sportspezifische Leistungen am meisten benutzt werden. Die subjektiven Parameter sind laut eines kürzlich verfassten Reviews sensitiver und konsistenter als objektive Parameter zur Bestimmung der akuten und chronischen Änderungen in einem Sportler gegenüber einer Trainingslast [Saw et al. 2016]. Jedoch variiert das Monitoring stark zwischen Mannschaftssportarten wie Handball und Einzelsportarten wie Radfahren und Leichtathletik. In Mannschaftssportarten ist die Kontrolle der Sportler anspruchsvoller aufgrund der diversen Trainingsaktivität und der Anzahl der Spieler. Die Sportler trainieren meistens in Gruppen was zu der Situation führt, dass nicht alle Sportler der gleichen Intensität ausgesetzt sind. Die Athleten reagieren unterschiedlich auf die ihnen gegebenen Reize und die Last, die für eine optimale Adaptation gebraucht wird, unterscheidet sich von Athlet zu Athlet.

Teamsportarten wie Handball, in denen interindividuelle Unterschiede existieren, macht die Planung und Ausführung von Training sehr schwierig. Interindividuelle Anpassungen zum Training müssen daher in Betracht gezogen werden. Das bestärkt die Notwendigkeit der Kontrolle des einzelnen Athleten anstatt der gesamten Mannschaft im Durchschnitt, und kann den Trainer dabei unterstützen, sicherzugehen, dass das verschriebene Trainingsprogramm mit der entsprechenden Trainingslast ausgeübt wurde und beim Spieler entsprechende Reize gesetzt hat. Spieler müssen direkt kontrolliert werden, da die Wahrnehmung der Trainer von der Trainingsintensität und die Evaluation der Athleten nicht immer übereinstimmen [Heinsoo et al. 2014].

1.2.3.4 Trainingslast und Verletzungsrisiko

Im Handball spielen die Sportler 50 - 60 Spiele während einer Saison. In vielen europäischen Spitzen-Ligen absolvieren die besten Mannschaften zwei Spiele pro Woche über mehrere Wochen hinweg über mehrere Perioden während einer Saison. Während diesen Perioden haben die Spieler nur 3 - 4 Tage Regenerationszeit zwischen aufeinanderfolgenden internationalen und nationalen Spielen, was zur Wiederherstellung der normalen Homöostase ungenügend sein kann [Fatouras, Ispirlidis]. Ohne genügende Regeneration nach einem Spiel werden die Spieler ihr nächstes Spiel mit einer gewissen Müdigkeit beginnen mit dem Potenzial kurz- oder langfristig Leistungsabrufl einzubussen oder Verletzungen zu erleiden [Dupont et al. 2010, Ekstrand et al. 2004].

1.2.3.5 Absolute Belastung und Verletzungsrisiko

Der Grossteil der Studien über das Verhältnis zwischen Trainingslast und Verletzungsrisiko in Mannschaftssportarten haben die absolute Trainingslast untersucht, unabhängig von der Rate der

Trainingsbelastung. Absolute Trainingslast ist die Summe von allen absolvierten Trainingseinheiten innerhalb einer spezifizierten Periode wie einem einzelnen Tag oder einer Woche. Sowohl niedrige als auch sehr hohe akute Trainingslasten wurden im Australischen Football, Rugby und Fußball mit einem erhöhten Verletzungsrisiko verbunden [Brink et al. 2010, Cross et al. 2016, Gabbett et al. 2010 und 2014]. Owen kontrollierte die maximale Herzfrequenz von 23 professionellen Fußballern über 2 zusammenhängende Saisons und fand signifikante Korrelationen zwischen Trainingsvolumen und Verletzungsinzidenz. Spieler, die mehr Zeit in der Zone der maximalen Herzfrequenz von mehr als 90% verbrachten, erhöhten das Risiko, sich eine Spielverletzung zuzuziehen. Keine Unterschiede konnten für Trainingsverletzungen gefunden werden.

Studien, die niedrige absolute Trainingslasten mit einem erhöhten Verletzungsrisiko verbanden, heben den Verdacht, dass die Spieler ungenügend auf das Trainings- und Spielvolumen und -intensität vorbereitet sind. Gabbett schlug die Idee eines Schwellenwerts für Spieler vor, das heisst einer Anzahl einer gewissen Trainingslast bevor sich eine Verletzung ereignet [Gabbett et al. 2014]. Er schlug ebenso vor, dass sich diese Schwelle über die Saison hinweg verringern würde, da die Spieler im Vergleich zu Prä-Saison Werten über die Saison müder werden. In diesem Sinne würden niedrige akute Trainingslasten günstig für die Spieler sein, wie wiederum andere Studien aufweisen. Zum aktuellen Stand der Literatur ist somit festzuhalten, dass moderate bis hohe Trainingslasten am besten gegen Verletzungen schützen [Hulin et al. 2016].

1.2.3.6 Relative Belastung und Verletzungsrisiko

Studien in Cricket, Rugby und Australischen Football haben gezeigt, dass das Verletzungsrisiko steigt, wenn bei einem Spieler die Trainings- und Spielbelastung einer gegebenen Woche im Verhältnis zur Last der vorherigen vier Wochen stark ansteigt. Die aktuelle Woche entspricht dabei der akuten Belastung während die vorherigen vier Wochen der chronischen Last [Blanch P 2015]. Die Ergebnisse demonstrieren ein stark vorhersagendes Verhältnis zwischen dem akut:chronisch Verhältnis und Verletzungswahrscheinlichkeit. Bisher gibt es keine Studiendaten zu diesem Thema im Handball.

1.2.4 Verletzungsanfällige Techniken im Handball

Beim Einspringen in die handballspezifische Fintentechnik kommt es zu einer erhöhten Anzahl an Kreuzbandverletzungen. Hierbei läuft der Sportler mit Ball auf seinen Gegenspieler zu, springt einbeinig ab, landet beidbeinig und hat danach die freie Entscheidungsmöglichkeit links oder rechts an dem Gegenspieler vorbei zu sprinten. Kommt es während der Landung in diese Technik zu einer Aussenrotation des Fusses, Zurücknahme des Körperschwerpunkts hinter die Knie und einem damit einhergehenden dynamischen Knievalgus erhöht sich das Risiko eines Kreuzbandrisses [Kristianslund et al. 2011]. Ebenso ist das Fintieren auf eine Seite mit anschliessender schneller Richtungsänderung mit den gleichen oben beschriebenen Risikofaktoren beschrieben.



Abb. 1 Spieltypische Situationen für Kreuzbandriss-Verletzung. Spielsituation a) zeigt das beidbeinige Einspringen in den sog. "Nullschritt", nach dem der Spieler noch 3 Schritte ausführen darf. Spielsituationen b-c zeigen die einbeinige Finte mit b) Einstemmen und c) Valgus im rechten Knie mit gleichzeitigem Kreuzbandriss. Bei beiden Spielsituationen ist gut die Oberkörperschwerpunktverlagerung hinter die Knie zu sehen (Quelle: Krosshaug et al. 2006)

1.3 Verletzungsprävention im Handball

1.3.1 Verletzungsprävention in Europa

In Norwegen wurde vom Oslo Sports Research Center im Jahre 1999 ein Präventionsprogramm für die obersten drei Frauenligen gestartet, das seitdem kontinuierlich weiterentwickelt wurde [Myklebust et al. 2013]. In der Saison 2000/01 wurde für die ersten drei obersten Ligen Physiotherapeuten bezahlt, die spezielle Präventions-Übungen in die Vereine gebracht und deren Umsetzung kontinuierlich kontrolliert haben. Obwohl die Compliance unter den Vereinen sehr variabel war, wurde mit diesen Übungen die VKB-Verletzungsrate von 0.48 pro 1000h auf 0.33 pro 1000h pro Mannschaft vermindert. In den Folgejahren wurde den Vereinen selbständig überlassen, ob sie die Übungen weiter benutzen. Dafür wurde den Vereinen das in der Studie benutzte Material wie Wackelbretter und eine DVD mit Übungserklärungen überlassen, die Physiotherapeuten wurden allerdings nicht weiter vom Oslo Sports Research Center bezahlt. Die Verletzungsrate ist in den folgenden Saisons bis 2004/05 auf einen Wert über dem Ausgangsniveau angestiegen (0.56 pro 1000h)[Myklebust et al. 2013].

Im Jahr 2005 wurde das Programm intensiviert und mit ungefähr 500 Trainern und Managern ein 2-stündiges Seminar abgehalten und eine überarbeitete DVD (DVD Achilles) verteilt [Myklebust et al. 2013]. Zusätzlich kam es zu dieser Zeit zur Veröffentlichung der ersten Studien zur Verletzungsprävention. So wurde in einer dieser Studien 1837 Mädchen und Jungen im Alter von 15-17 Jahren ein 20-minütiges Aufwärmprogramm vorgegeben, das die Verletzungsrate der unteren Extremität um 49% gegenüber der Kontrollgruppe senkte. Auch das Risiko für schwere

Knieverletzungen war mit 0.20 pro 1000h gegenüber 0.70 pro 1000h signifikativ kleiner [Olsen et al. 2005]. Im Mai 2008 wurde eine Homepage gestartet und die gleichnamige DVD "Skadefri" herausgebracht. Beide stellen Präventionsübungen für, u.a. Knie und Fußgelenk, visuell dar. Seit der Saison 2005 hat sich dadurch die VKB-Verletzungsrate auf ein Niveau unter 0,3 pro 1000h eingestellt, obwohl sich Trainingsbelastung und Spielintensität im letzten Jahrzehnt erhöht hat.

Diese Verminderung führen die Verantwortlichen des Oslo Sports Research Center auf folgende Faktoren zurück. Zum einen hat sich die Qualität des Bodenbelags in den neu gebauten Hallen während dieser Zeit deutlich verbessert, was wiederum die Verletzungsrate vermindert [Olsen et al. 2003]. Da dies allerdings nur einige neue Böden sind, kann dies nicht allein Grund für eine Verminderung sein. Im Sport sind viele der Entscheidungen, die mit Verletzungsrisiko zu tun haben, vom Trainer für die Einzelperson getroffen. Im Falle des Handballsports bedeutet dies eine einzigartige Möglichkeit mit dem Trainern zu arbeiten und sie "mit ins Boot zu nehmen" [Verhagen et al. 2010]. Ein viel größerer Grund der Verminderung der Verletzungsraten in Norwegen war die deutliche Reaktion von der norwegischen Medienlandschaft auf die oben genannte Studien. So wurde die Nachricht von "kann Verletzungen verhindern" zu "verhindert Verletzungen zu mindestens 50%" geändert. Diese Art von Nachrichten, man spricht von "sticky notes", hat deutlichen Einfluss gehabt [Heath 2008], und die Implementierung von Übungen in das Trainingsprogramm vereinfacht.

1.3.2 Verletzungsprävention mit Zusatzmaterialien im Handball

Neuromuskuläre Trainingsprogramme mit dem Ziel, Verletzungsinzidenzen zu verringern, sind variabel in Hinsicht auf Anzahl und Art der benutzten Übungen und Frequenz und Dauer der Intervention. Einige Studien haben nur eine oder zwei Übungsarten verwendet, wie zum Beispiel plyometrische Übungen, d.h. repetitive Sprungübungen mit Steigerungsmöglichkeit durch erhöhte Fallhöhen, und Gleichgewichtsübungen, während andere ein umfassenderes Übungsprogramm entwarfen in denen Übungen zur Plyometrie, Kräftigung, Dehnen und Gleichgewichtsübungen vorkamen [Myklebust et al. 2003, Olsen et al. 2003 und 2005, Reckling et al. 2003, Wedderkopp et al. 1999, Petersen et al. 2005, LaBella et al. 2011].

Hoffmann zeigte, dass Athleten mit einer schlechten posturalen Kontrolle anfälliger waren, Verletzungen zu erleiden [Hoffmann, Payne 1995]. Die ersten Übungsprogramme zur Verletzungsprävention wie auch in Norwegen haben daher ein propriozeptives Training auf instabilem Untergrund propagiert um die Propriozeption und posturale Kontrolle zu erhöhen. Diese instabilen Untergründe sind meistens Wackelbretter, auf denen sich die Athleten stellen um das Gleichgewicht zu halten. Die Studien mit instabilem Untergrund haben gute Ergebnisse präsentiert bezüglich der Verletzungsreduktion, insbesondere der unteren Extremitäten [Wedderkopp et al. 1999, Myklebust et al. 2003, Olsen et al. 2005].

Myklebust et al. untersuchten wie oben beschrieben in einer groß angelegten Studie mit 1705 Spielerinnen im Jahr 2003 die Effekte von Wackelbrettern in den ersten drei Handballligen

Norwegens. Dabei wurde mit diesen anfangs 3 mal pro Woche initial 5 bis 7 Wochen und das Training dann auf 1 mal pro Woche für den Rest der Handballsaison reduziert [Myklebust et al. 2003]. Mandelbaum et al. führten 2005 das Programm "PEP" (Prevent Injury and Enhance Performance) ein und studierten den Effekt an 1885 Fußballspielerinnen. Dieses Programm wurde 2-3 mal pro Woche 20 Minuten benutzt und beinhaltet Unterricht über Verletzungsmechanismen, Aufwärmen, Dehnen, Kräftigung für Rumpf und untere Extremität, und plyometrische Übungen. Zusätzlich wurde das Programm mit einer Einführungsveranstaltung für die Trainer angefangen und mit einer Übungs-DVD unterstützt [Mandelbaum et al. 2005]. Olsen et al. benutzten 2005 ein 15-20 minütiges Programm bei 808 norwegischen Handballspielern. Dieses basierte auf den 4 Komponenten Aufwärmen, Technik, Gleichgewicht und Kräftigung. Das Programm wurde in 15 aufeinanderfolgenden Trainingseinheiten eingeführt und dann 1 mal pro Woche während dem Rest der Saison benutzt. Petersen et al. integrierten 2005 ein 10 minütiges Programm in den Aufwärmteil. Dieses hat Unterricht, Balancebretter und Sprungtraining beinhaltet. Das Programm wurde anfangs 3 mal die Woche und dann 1 mal während der Saison genutzt. LaBella et al. benutzten 2011 das Programm "KIPP" Knee Injury Prevention Program, das 3 mal die Woche und dann 1 mal während der Saison Krafttraining, plyometrische Übungen, Gleichgewichtsübungen und Beweglichkeit beinhaltet hat.

All diese Programme konnten beweisen, dass durch regelmässige Integration von Wackelbrettern oder ähnlichem instabilem Untergrund mit einem bestimmten Übungsprogramm das Verletzungsrisiko signifikativ vermindert werden kann. Die Zusatzmaterialien verbessern suffizient die Propriozeption und posturale Kontrolle und zeigen gute Resultate, Verletzungsraten zu verringern, insbesondere für die untere Extremitäten [Myklebust et al. 2003, Olsen et al. 2005, Petersen et al. 2005, Wedderkopp et al. 1999].

Ein jedoch weiterer wichtiger Aspekt um Verletzungsprävention zu verbessern und die Verletzungsrate in Mannschaftssportarten zu verringern, ist die Compliance der Mannschaften mit dem Übungsprogramm. Die Compliance bezeichnet in der Medizin das kooperative Verhalten eines Patienten bzw. Athleten mit der empfohlenen Therapie. Im Bereich der Sportmedizin bedeutet dies die regelmässige Anwendungen und korrekte Ausführung der Übungen im Training. Spieler, die die vorgegebenen Übungsmodule vollständig umsetzen, erleiden signifikant weniger Verletzungen als Spieler, die die Übungsmodule nicht vollständig umsetzen [Soligard et al. 2010]. Interviews mit Trainern haben gezeigt, dass die Aspekte, die die Compliance der Spieler positiv beeinflussen, eine positive Einstellung gegenüber Verletzungsprävention sind. Dies korreliert mit einer hoher Compliance und einem niedrigeren Verletzungsrisiko [Soligard et al. 2010]. Jedoch mussten in den meisten Verletzungspräventions-Studien Studienmaterialien wie Wackelbretter oder ähnlichen instabilen Untergründen vom Studienleiter zur Verfügung gestellt werden, und das Programm fokussierte sich auf einige wenige ausgewählte Übungen, das nur teilweise die tägliche Routine einer Handballmannschaft darstellt. Dies ist nach Meinung des Autors umso ausgeprägter in Jugend-Mannschaften. Da sich die Compliance mit dem Übungsprogramm in den Spielsaisons nach der Studienintervention senkte, sollte die Verletzungspräventionsforschung sich auf die Situation einer typischen Handballtrainingsroutine fokussieren [Herman et al. 2012, Myklebust et al. 2013].

1.3.3 Verletzungsprävention ohne Zusatzmaterialien in anderen Sportarten

Bisher existieren neun Studien, die ein Verletzungspräventionsprogramm ohne Zusatzmaterialien untersuchten [Herman et al. 2012]. Von den neun Interventionen waren sechs randomisiert-kontrollierte Studien und drei kontrolliert-klinische Studien. Aufgrund der Heterogenität im Studiendesign und den Übungsprogrammen konnten die Studien nicht zusammen untersucht werden. Zwei Studien hatten männliche und weibliche Teilnehmer, während die restlichen sieben Studien nur Frauen untersuchten. Risk Ratio (RR) der Studien zeigte, dass die "The 11+" Präventionsübungen signifikant gesamte (RR 0,67, 95% Konfidenzintervall (KI) 0,54 - 0,84) und Überlastungsverletzungen (RR 0,45, CI 0,28 - 0,71) der unteren Extremitäten als auch Knieverletzungen (RR 0,48, 95% KI 0,32-0,72) in jungen Amateurfussballerinnen verringerte [Barengo et al. 2014]. Das "Knee Injury Prevention Program" (KIPP) reduzierte signifikant das Risiko von kontaktlosen Verletzungen der unteren Extremität (RR 0,5, 95% KI 0,33 - 0,76) und Überlastungsverletzungen (RR 0,44, 95% KI 0,22 - 0,86) in jungen Fußballspielerinnen und Basketballspielern. Die Strategie "Prevent Injury and Enhance Performance" (PEP) verringerte die Inzidenz von vorderen Kreuzbandrupturen (RR 0,18, 95% KI 0,08 - 0,42), das Programm "HarmoKnee" reduzierte das Risiko von Knieverletzung (RR 0,22, 95% KI 0,06 - 0,76) in weiblichen jugendlichen Fußballerinnen und das Programm "Anterior Knee Pain Prevention Training Programme" (AKP PTP) reduzierte signifikant die Inzidenz von anterioren Knieschmerzen (RR 0,27, 95% KI 0,14 - 0,54) in Militärrekruten. Bisher wurde jedoch kein Übungsprogramm ohne Zusatzmaterialien für den Handballsport getestet.

1.4 Fragestellung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Verletzungsinzidenz im Jugendhandball hoch ist und dass Verletzungspräventionsprogramme effektiv die Verletzungsinzidenz verringern können. Soligard et al. (2006) zeigte auch, dass Spieler mit einer hohen Compliance das Trainingsprogramm anzuwenden, signifikant weniger Verletzungen erlitten, als Spieler, die das Trainingsprogramm weniger compliant anwandten. Zusätzlich zeigten Gespräche mit den Trainer, dass eine positive Einstellung gegenüber Verletzungsprävention mit einer hohen Compliance und einem niedrigeren Verletzungsrisiko einhergeht. Die meisten der Studien wurden jedoch mit Physiotherapeuten und mit Zusatzmaterialien wie Wackelbrettern oder ähnlichen instabilen Untergründen durchgeführt, die durch das Forschungsteam zur Verfügung gestellt hatte. Die Übungsprogramme fokussierten sich ausserdem auf einige wenige ausgewählte Übungen. In den Jahren nach der Intervention sank die Compliance mit dem Verletzungspräventionsprogramm und die Verletzungsrate stieg wieder deutlich an, sogar über das Niveau vor der Intervention an [Myklebust et al. 2013].

Die Fragestellung für diese Studie war daher, ob ein Übungsprogramm ohne Zusatzmaterialien Verletzungen verringern kann. Daher wurde ein Verletzungspräventionsprogramm für Jugendhandballmannschaften entworfen mit dem Ziel die kurzzeitige und Langzeit-Compliance zu erhöhen, die Übungen regelmässig in das Training zu integrieren. Dabei wurde sich auf Übungen

fokussiert, die keine finanzielle Investition benötigen und die genügend Variationen und Alternativen für jede Übungsgruppe angeboten haben, und die altersentsprechende Übungen und Partner-Übungen integrierten. Das Ziel der Studie war, die Effekte dieses Interventionsprogramms auf die Verletzungsinzidenz zu analysieren, insbesondere auf schwere Knieverletzungen.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Diese Studie analysierte prospektiv, randomisiert-kontrolliert die Verletzungsinzidenz von jugendlichen Handballspielern während der Saison 2015/2016.

2.1.1 Studienzeitraum

Die Saison 2015/16 für diese Studie begann am 01. Juni 2015 und endete am 15. April 2016. Jugendmannschaften in Deutschland müssen zu Beginn der Saison mehrere Qualifikationsturniere spielen, in denen sie sich für eine Spielklasse im jeweiligen Landesverband qualifizieren können. Um zum Beispiel in der höchsten bayerischen Spielklasse, der Oberliga bzw. Bayernliga, spielen zu dürfen, müssen in drei aufeinanderfolgenden Turnieren im April, Mai und Juni der jeweils erste oder zweite Platz eines fünfköpfigen Turniers erreicht werden. Die Mannschaften trainieren nach Saisonende 2014/15 somit mit der neuen Mannschaft sofort weiter, um das bestmögliche Ergebnis in den Turnieren zu erzielen. Erst nach den Turnieren wird von den meisten Mannschaften eine Saisonpause eingelegt, bevor die Saisonvorbereitung auf die Meisterschaftsspiele beginnt.

Für Jugendmannschaften hat jeder der 22 deutschen Landesverbände für den Saisonbeginn und das Saisonende unterschiedliche offizielle Stichtage, sodass für den Saisonbeginn das Ende der Qualifikationsturniere und für den Saisonschluss das jeweils letzte Meisterschaftsspiel, mit Ausnahme der Finalspiele um die deutsche Meisterschaft, festgesetzt wurde. Die Saison 2015/16 für diese Studie begann somit am 01. Juni 2015 und endete am 15. April 2016.

2.1.2 Registrierung der Studienteilnehmer

Die Registrierung jeder teilnehmenden Mannschaft hat zu Beginn der Saison 2015/16 begonnen. Am 01. Mai 2015 wurde die Studienregistrierung eröffnet und endete am 31. Mai 2015. Die Studienausschreibung erfolgte über Online-Handballportale und über die Homepages der Handballverbände in Deutschland. Die Registrierung erfolgte durch den jeweiligen Mannschaftstrainer über ein dafür eingerichtetes Online-Portal.

2.1.3 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Es konnten nur Handballmannschaften teilnehmen, die in der Saison 2015/16 in der B-Jugend (14-16 Jahre) und A-Jugend (16-18 Jahre) registriert waren. Teilnehmende Mannschaften mussten

mindestens aus 7 Spielern bestehen, da dies die Minimalbesetzung während eines Spiels darstellt. Teilnehmende Spieler mussten während der Saison mindestens ein offizielles Meisterschaftsspiel bestritten haben.

2.1.4 Schriftliche Einverständniserklärung der Studienteilnehmer

Alle teilnehmenden Mannschaften wurde eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie versandt und alle Teilnehmer mussten diese unterschrieben zurücksenden. Bei allen minderjährigen Spieler mussten zusätzlich die Eltern die Einverständnis unterschrieben haben.

2.1.5 Randomisierung der Mannschaften

Die Randomisierung der Teilnehmer erfolgte durch Blockrandomisierung. Alle teilnehmenden Mannschaften wurden in vier Gruppen unterteilt, abhängig von Geschlecht (männlich, weiblich) und Altersklasse (B-Jugend, A-Jugend). Innerhalb der vier Gruppen wurden die Mannschaften anhand festgesetzter Randomisierungsreihenfolge nach Registrierungsdatum in Interventions- und Kontrollgruppe randomisiert.

2.1.6 Instruktionen an die Mannschaftstrainer

Alle teilnehmenden Mannschaften erhielten detaillierte Instruktionen über das Studiendesign und das geplante Studienprotokoll per Email und schriftlich zugesandt. Trainer von Mannschaften, die in die Interventionsgruppe eingeteilt wurden, erhielten kostenfrei eine Video-DVD mit dem Übungsprogramm sowie detaillierte Informationen über die Implementierung des Übungsprogramms in ihr Mannschaftstraining. Die Mannschaften der Kontrollgruppe wurden gebeten, ihr Mannschaftstraining normal über die Saison zu halten. Den Mannschaften der Kontrollgruppe wurde die Video-DVD nach Abschluss der Studie, am Ende der Saison 2015/16, kostenfrei zugesandt.

2.1.7 Datenerhebung per Online-Datenbank

Für die Abfrage der Daten wurde eine Datenbank per Online-Portal eingerichtet. Hierauf konnten sich die Trainer und die Spieler registrieren. Nach erfolgter Registrierung mit Email-Adresse wurde den Teilnehmern ein persönlicher Account erstellt und ein individualisiertes generiertes Passwort per Email zugesandt. Nach Login mit Namen und Passwort konnte auf die Spielerdatenbank und die Fragebögen zugegriffen werden. Alle Spielerdaten, Fragebögen und Verletzungen wurden dadurch elektronisch erfasst.

2.1.8 Persönlicher Kontakt mit Mannschaftstrainern

Mit jedem Trainer wurde mindestens einmal während der Saison ein persönlicher Kontakt per

Telefon oder per Email aufgebaut um anfallende Fragen klären zu können.

2.1.9 Primäre und sekundäre Endpunkte

Als primärer Endpunkt wurde definiert, ob Unterschiede in der Verletzungshäufigkeit, -dauer oder im Verletzungsspektrum in Abhängigkeit der Intervention für schwere Knieverletzungen bestehen. Als sekundäre Endpunkte wurden Unterschiede für die gesamte untere Extremität, Sprunggelenksverletzungen oder Schulterverletzungen definiert.

2.2 Definitionen

Durch kurze Erläuterungen werden hier sportartspezifische Begriffe und Definitionen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, dargestellt. Die benutzten Definitionen entsprechen den sportmedizinischen Konsensuspapieren [Fuller et al. 2006, Junge et al. 2008].

Als Handballtraining ist jede Form des Mannschafts- oder Individualtrainings und das der Verbesserung handballtaktischer, handballtechnischer oder athletischer Fähigkeiten dient, und das nicht auf den Wettkampf gegen eine gegnerische Mannschaft hinführt, definiert. Als Handballwettkampf ist jede Form des Handballspiels, das zwischen zwei Mannschaften aus unterschiedlichen Vereinen ausgetragen wird, ebenso wie Aufwärm- oder Abwärmroutinen und -übungen unmittelbar vor oder nach Handballwettkämpfen, definiert.

Als Trainingsexposition wird jedes Handballtraining bezeichnet während als Wettkampffexposition jeder Handballwettkampf in der Meisterschaftsrunde oder Freundschaftsspiele von Vereinsmannschaften und Auswahlmannschaften bezeichnet wird. Die Dauer eines Handballspiels unterscheidet sich nach Altersklasse. So spielt die A-Jugend 60 Minuten während die B-Jugend 50 Minuten bestreitet. Mögliche Verlängerungen oder Siebenmeterwerfen bei Entscheidungsspielen auf Turnieren bleiben unberücksichtigt. Aufgrund der unbegrenzten Wechsellmöglichkeiten innerhalb eines Spiels werden die individuellen Expositionsunterschiede nicht erfasst.

Als Verletzung wird jede Form der physischen Beeinträchtigung, die ein Spieler während eines Trainings oder eines Wettkampfs im Handball erfährt, die zu einer Sportunfähigkeit für zukünftige Trainings- und Spieleinheiten resultiert, definiert. Als externe Verletzungen wird jede Form der physischen Beeinträchtigung, die ein Spieler erfährt, während er nicht im Handballtraining - oder -wettkampf teilnimmt, und die zu einer Sportunfähigkeit für zukünftige Trainings- und Spieleinheiten resultiert, definiert. Krankheiten oder psychische Beeinträchtigungen werden in diesem Zusammenhang ausgeschlossen.

Als Time-Loss Verletzung wird jede Verletzung, die ein Handballspieler während eines Handballtrainings oder -wettkampfs erfährt, die zu einer Sportunfähigkeit des verletzten Spielers und damit zu einer Abwesenheit von Trainings- und Spieleinheiten führt, definiert. Gemäss den Standarddefinitionen werden die Time-Loss Verletzungen in minimal (0 Tage), sehr leicht (1-3 Tage), leicht (4-7 Tage), mittel (8-28 Tage) und schwer (mehr als 28 Tage) unterteilt [Fuller et al. 2006]. Der Tag der Verletzung dient hierbei als Referenztag 0. Musste der Spieler das Training oder

den Wettkampf unterbrechen, kann jedoch am nächsten Training oder Wettkampf erneut teilnehmen, so wird die Verletzung als “Minimal” mit 0 Ausfalltagen registriert [Fuller et al. 2006].

Als schwere Knieverletzungen wurden intraartikuläre Frakturen, Rupturen des Innen- und Aussenbands, Rupturen des vorderen und hinteren Kreuzbands, Patellaluxationen, Meniskus- oder Knorpelverletzungen, oder jede Verletzung mit einer Sportausfalldauer von mehr als 28 Tagen definiert.

Als Verletzungsgenese können akute Verletzungen und chronische Verletzungen beziehungsweise Überlastungsverletzungen unterschieden werden. “Akute Verletzungen” sind jede Art der Verletzung, die auf ein einzelnes, identifizierbares und dadurch zeitlich begrenztes Makrotrauma zurückzuführen ist. Als “Chronische Verletzung” wird jede Verletzung, die einen graduellen Verlauf aufzeigt und nicht auf ein einzelnes, identifizierbares und dadurch zeitlich schwer eingrenzbare Makrotrauma zurückzuführen ist, definiert. Als Verletzungsursache werden “Kontaktverletzungen” und “Kontaktlose Verletzungen” unterschieden, wobei jeder Kontakt mit einem Mitspieler, Gegenspieler, dem Ball oder anderem Spielgerät gemeint ist. Ein direkter Kontakt gegen das verletzte Körperteil oder ein indirekter Kontakt gegen ein anderes Körperteil werden beide als “Kontakverletzungen” definiert, da für die Unterscheidung der Ursache ein Videobeweis oder -nachweis nötig wäre.

Hinsichtlich der Verletzungsart wurde in zwölf verschiedene Arten unterschieden: Fraktur, Luxation, Ruptur, Zerrung, Distorsion, Kontusion, Gehirnverletzungen, Hautverletzungen, Innere Verletzungen, Zahnverletzungen, Überlastungsverletzung und andere Verletzung. Hinsichtlich der Körperregionen wurde eine Differenzierung in zweiundzwanzig Körperregionen vorgenommen. Dies sind Kopf und Gesicht, Nacken und Halswirbelsäule, Rücken, Rippen, Bauch, Schulter, Oberarm, Ellenbogen, Unterarm, Handgelenk, Hand, Finger, Hüfte/Becken, Leiste, Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Achillessehne, laterales Sprunggelenk, mediales Sprunggelenk, Fuß und Andere Körperregion.

Die Verletzungsinzidenz berechnete sich aus der Anzahl der Verletzungen innerhalb von 1000 Stunden Handballexposition. Die Handballexposition wurde weiter aufgeteilt in Spiel- und Trainingsexposition.

2.3 Fragebögen

Zur Abfrage der Daten füllten die Mannschaftstrainer zu Beginn der Saison zwei Fragebögen und den Spieler/-innen ein Fragebogen aus. Die Fragebögen werden im Folgenden vorgestellt. Für die jeweiligen Fragebögen wird auf den Anhang verwiesen.

2.3.1 Fragebogen I Registrierung

Zu Beginn wurden nach der Registrierung zur Studie allgemeine Daten und handballspezifische Daten abgefragt (gemäß Fuller)[Fuller et al. 2006]. Der zweite Fragebogen zielt darauf ab, schwere Knieverletzungen mit einer Ausfalldauer von mindestens 28 Tage in der vorherigen Saison 2014/15 abzufragen. Die Trainer wurden hierfür gebeten, die von ihren Spielern in der vorangegangenen Saison erlittenen Verletzungen zu notieren, sofern Sie eine B- oder A-Jugendmannschaft trainiert hatten.

2.3.2 Fragebogen II Anthropometrische und sportspezifische Daten

Die persönlichen, anthropometrischen und sportspezifischen Daten der Spieler wurden durch einen standardisierten Papier-Fragebogen erfasst und durch die Trainer in die Datenbank eingetragen. Diese umfassten zum Beispiel die Wurfhandseite, die Handballerfahrung der Spieler, das Gewicht und die Grösse [Fuller et al. 2006].

2.3.3 Fragebogen III Handballexposition der Spieler

Die Mannschaftstrainer dokumentierten monatlich die Spiel- und Trainingsexposition der Spieler in der Online-Datenbank über den vergangenen Monat [Olsen et al. 2006]. So wurde zum Beispiel am Ende des Monats Oktober der Fragebogen für den Monat Oktober freigeschalten. Die Trainingszeit wurde für jeden Spieler individuell eingetragen. Da die Einsatzzeit innerhalb eines Spiels für jeden Spieler variabel ist, wurde sich bei der Erfassung der Spielexposition auf deren Anzahl reduziert. Die Spielexposition wurde dann mit der für den jeweiligen Jahrgang spezifischen Spieldauer multipliziert. So spielt die A-Jugend bereits wie die Senioren 60 Minuten während die B-Jugend in beiden Geschlechtern nur 50 Minuten Spielzeit hat. Ein Beispiel soll dies veranschaulichen:

Spieler A trainierte in den 4 Wochen im August regelmäßig zwei mal pro Woche 90 Minuten bei seiner B-Jugendmannschaft mit. Zusätzlich trainiert er zwei mal pro Monat im Auswahlstützpunkt 120 Minuten. Addiert ergibt sich für Spieler A hiermit eine Trainingsdauer von $(4 \times 2 \times 90 \text{min} + 2 \times 120 \text{min}) = 960 \text{min}$. Zusätzlich hatte er 3 Trainingsspiele mit der B-Jugend, 1 Trainingsspiel mit der Auswahl und 1 Meisterschaftsspiel bestritten. Die Anzahl der Spiele für den Monat August ist somit 5. In der Datenbank ergibt sich somit eine Anzahl von $5 \times 50 \text{min} = 250 \text{Minuten}$ Spielexposition.

2.3.4 Fragebogen IV Verletzung

Bei Verletzungen trugen die Trainer die Daten in einen Online-Verletzungsfragebogen ein, der an die oft benutzten Fragebogen in Mannschaftssportarten und vorherigen Studien angelehnt ist [Myklebust et al. 2003, Olsen et al. 2005]. So wurde zum Beispiel der Zeitpunkt der Verletzung, die Verletzungsart (Akutverletzung/ Überlastungsverletzung), die Ausfalldauer, die Körperstelle, der Verletzungstyp und vorherige Beschwerden abgefragt.

2.4 Video-DVD

Jedem Trainer in der Interventionsgruppe wurde kostenlos eine Studien-DVD zugeschickt, die das Übungsprogramm, Trainerhinweise und Trainingsvorgaben beinhaltet.

2.4.1 Präventionsprogramm

Das Verletzungspräventionsprogramm bestand aus insgesamt 76 Übungen und beinhaltete ein allgemeines Aufwärmprogramm, neuromuskuläre Übungen, Technikübungen, Trainingshinweise und Trainingsvorgaben. Anhang B stellt das gesamte Präventionsprogramm ausführlich dar.

Einige Übungen haben in anderen Studien gezeigt, dass sie Verletzungen verhindern können [Gilchrist et al. 2008, Kiani et al. 2010, LaBella et al. 2011, Mandelbaum et al. 2005, Myklebust et al. 2003, Soligard et al. 2008, Steffen et al. 2008]. Die meisten Übungen wurden auf Grundlage der Erfahrung des Autors als ehemaliger Profihandballer und aktueller Trainer für Jugendspieler modifiziert oder selbst entwickelt.

2.4.1.1 Allgemeines Aufwärmprogramm

Vor dem Beginn des Präventionsprogramms mussten die Spieler ein Aufwärmprogramm durchführen. Die Ziele dieses Aufwärmens waren die Aktivierung, Erwärmung und Vorbereitung auf die kommende Belastung. Diese Trainingsprinzipien sind den Trainern durch standardisierte Trainerausbildung in Deutschland bereits bekannt. Exemplarisch wurden den Trainern einige Übungen dargestellt:

- Laufen vorwärts
- Hopslerlauf
- Armkreisen vorwärts und rückwärts
- Laufen rückwärts
- Hüftdrehung nach innen und aussen
- Stemmschritt nach links und rechts
- Anfersen
- Kniehebelauf
- Seitlich überkreuzen
- Sprints vorwärts und rückwärts
- Ball passen mit Richtungswechsel
- Ball passen und zweimal 180° Sprünge



Abb. 2 Aufwärmübung “Hopslerlauf”



Abb. 3 Aufwärmübung “Armkreisen vorwärts”



Abb. 4 Aufwärmübung “Seitlich überkreuzen”

2.4.1.2 Neuromuskuläre Übungen

Der Hauptteil des Präventionsprogramms beinhaltete vier Module (Tabelle 2). Diese wurden zur besserem Compliance aufgeteilt in zwei Übungsblöcke mit jeweils 5 Übungen (Tabelle 3). Die Compliance, in der Medizin ein Begriff für das Befolgen eines Patienten an einem ihm

empfohlenem Behandlungsplan, ist der wichtigste und somit entscheidende Faktor für die Umsetzung der hier genannten Übungen und dem damit verbundenem Schutz der Spieler [Soligard Compliance]. Die Compliance ist dann am größten, wenn sie kostengünstig und zeitlich effektiv, d.h. integrierbar ins Training, sind [Soligard et al. 2010]. Das gesamte Übungsprogramm wurde daher in einer Art und Weise erstellt, sodass keine Zusatzmaterialien benötigt werden. Ziel war ein einfaches Programm, das mit kostenfreien Mitteln von jedem Verein leicht durchgeführt werden kann. Die Übungen sollten so einfach sein, dass eine Einführung durch einen Physiotherapeuten nicht erforderlich ist [Myklebust et al. 2013]. Eine genaue Darstellung aller Übungen und Übungsvarianten ist angehängt.

Übungsmodule	Übungsbeispiele
Modul 1: Kraftübungen	Unterarmliegstütz, seitlicher Unterarmliegstütz, Nordic hamstring
Modul 2: Plyometrische Übungen	Einbeinsprünge in alle Richtungen
Modul 3: Sprung- und Landeübungen	“Eisläufer“-Sprünge, Sprunglauf
Module 4: Propriozeptive Übungen	Partnern mit Schubsern aus dem Gleichgewicht bringen im Einbeinstand mit geschlossenen Augen

Tabelle 2 Übungsmodule

Übungsprogramm			
Übungen	Einfache Schwierigkeit	Mittlere Schwierigkeit	Schwere Schwierigkeit
A1 Seitlicher Unterarmstütz	Standard	Seitlicher Unterarmstütz mit gehobenem Bein	Seitlicher Unterarmstütz mit gehobenem Bein und Hand
A2 Nordic hamstring, exzentrische ischiokrurale Muskulatur (Partnerübung)	6-8 Wiederholungen Variation: Partner sprintet vorwärts, Spieler hält ihn von hinten am Becken fest und lässt ihn langsam Strecke gewinnen	2 x 6-8 Wiederholungen	3 x 6-8 Wiederholungen
A3 Oberer Rücken und Schulter	In Bauchlage Ball über Kopf und hinter Rücken übergeben	In Liegestützposition mit dem Oberkörper in alle Richtungen wandern Partnerübung: In Liegestützposition gegenüberstehend, versuchen dem Partner auf die Hände zu hauen während man eigenen Treffern ausweicht	In Liegestützposition mit dem Oberkörper in alle Richtungen wandern während man 1-2 Bälle in 1/ beiden Händen hält
A4 Stabilitätsübungen (Partnerübung)	Partnern mit Schubsen aus dem Gleichgewicht bringen im Einbeinstand mit geschlossenen Augen*	Beide Partner springen gleichzeitig und drücken sich in der Luft, Landung im Einbeinstand*	Mehrere Counter-Movement Sprünge: Partner steht hinter Spieler und drückt ihn in der Luft
A5 Plyometrische Übungen	Plyometrischer Sprungparcours mit vorwärts/seitwärts Sprüngen	Sprunglauf: Von einer Hallenseite zur anderen (20,0m) mit so wenig Kontakten wie möglich	Zick-zack Sprünge, Distanz mit jedem Sprung erweitern

		laufen Einbeinsprünge in alle Richtungen*	
B1 Unterarmstütz	Standard	Unterarmstütz mit gehobenem Bein	Unterarmstütz mit gehobenem Bein und Hand
B2 Rumpfübungen	Seitbauchlage mit gehobenen Armen und Beinen Partnerübung: Spieler liegt in Bauchlage, Partner versucht gegen den Widerstand des Spielers diesen auf den Rücken zu drehen	Seitbauchlage mit gehobenen Armen und Beinen, 270° Rolle auf andere Seite über Bauch ohne das Hände oder Füße Boden berühren Partnerübung: Partner laufen aufeinander zu, haken sich gegenseitig mit einem Arm am Becken des Partners fest und versuchen ihn aus dieser Position auf den Boden zu schleudern	Seitbauchlage mit gehobenen Armen und Beinen, 270° Rolle auf andere Seite über Bauch ohne das Hände oder Füße Boden berühren. Hände und/oder Füße halten dabei einen Ball* Komplexübung: Sprung in den Handstand und wellenartige Abrollbewegung in die Ausgangsposition
B3 Dominante exzentrische Schulterübung (Partnerübung)	6-8 Wiederholungen	2 x 6-8 Wiederholungen	3 x 6-8 Wiederholungen
B4 Propriozeptive Übungen	Einbeinstand: freies Bein mit Zusatzaufgaben bewegen*	Wechsel des Einbeinstands in Einbein-Standwaage*	Alle Übungen nur auf Vorfuß
B5 Landeübungen	Einbeinsprungkombinationen vorwärts mit Landungen auf dem gleichen/ anderen Bein “Eisläufer“-Sprünge	Einbeinsprünge mit Landungen nach 90°/180° Drehungen in der Luft “Eisläufer“-Sprünge*	Alle Übungen mit geschlossenen Augen vor/während des Sprungs/ kurz vor der Landung

Tabelle 3: Hauptteil des Präventionsprogramms mit neuromuskulären Übungen

* weitere Übungen mit Ball sind als Alternative aufgezeigt

2.4.1.3 Technikübungen

Die verletzungsanfälligsten Bewegungen für schwere Knieverletzungen beim Handball sind Landungen nach einem Sprung und schnelle Richtungswechsel. Beim Handball wird ein schneller Richtungswechsel nah am Gegenspieler, um diesen zu umspielen, Finte oder Haken schlagen genannt. Verletzungen werden insbesondere dann erlitten, wenn während der Finte, und damit dem schnellen Schritt zur einen Seite, der Schritt breit gesetzt wird, der Fuss sich nach aussen dreht und der Körperschwerpunkt hinter den Knien bleibt. Durch den breiten Schritt ist mehr Kraft erforderlich, die dynamische Becken-Bein-Achse zu stabilisieren, und eine höhere Rumpfkraft erforderlich, den Oberkörper gegenüber dem Becken stabil zu halten. Durch die Aussendrehung des Fusses erfolgt eine Rotationskraft auf das Knie und durch den Körperschwerpunkt hinter den Knien erfolgt eine hohe anteriore Translationskraft auf das vordere Kreuzband.

Zur Schulung dieser handballspezifischer Bewegungen wurden vier dafür genutzte Techniken auf dem Video auf ihre Verletzungsanfälligkeit erläutert und der korrekte Technikerwerb Schritt für Schritt auf der DVD beigebracht. Die auf der DVD gezeigten Techniken sind der schnelle Richtungswechsel, beidbeinige Landungen und zwei weitere verschiedene Landevarianten. Als “sticky notes” wurden den Trainern somit die folgenden drei Stichpunkte beschrieben:

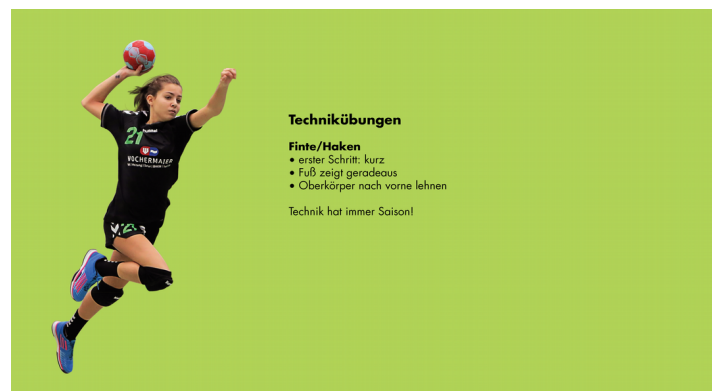


Abb. 5 Hinweise für die Technikübungen für Finten

Schwere Knieverletzungen werden bei Landungen nach Sprüngen erlitten, wenn die Landung einbeinig erfolgt und der Oberkörper gegenüber dem Becken nicht stabilisiert werden kann. Dadurch kommt es zu einer dynamischen Kniealgusstress.

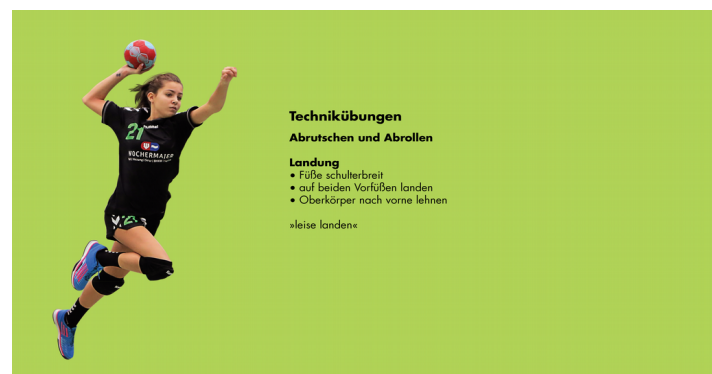


Abb. 6 Hinweise für die Technikübungen für Landungen

In manchen Situationen kann der Spieler nur aufrecht landen, zum Beispiel bei Raummangel am Landeort. In vielen anderen Situationen kann der Spieler jedoch auf andere Landetechniken zurückgreifen, für die keine Stabilisierung der Becken-Beinachse nötig ist und daher deutlich weniger Belastung auf das Knie bringt. Je nach Platzverfügbarkeit am Landeort und Verdrehung während des Sprungs kann der Spieler nach vorne über den Bauch abrutschen oder rückwärts oder rückwärts eine Rolle durchführen. Hierfür wurden dem Trainer stufenweise Erlernungsschritte gezeigt. Die genauen Übungen und Erlernungsschritte sind angehängt.

2.4.2 Trainingshinweise

Neben den Instruktionen der Übungen durch Bild und Ton auf der DVD wurden die Mannschaftstrainer über das Ziel des Verletzungspräventionsprogramm und typische Verletzungsmechanismen der unteren und oberen Extremität erläutert. Die Erläuterungsvideos wurden vor die jeweilige Technikübungen gezeigt um auf das Thema hinzuweisen und wichtige präventive Technikmerkmale hervorzuheben. Im Detail wurden die häufigste schwere akute Verletzung, die Kreuzbandverletzung, und die häufigste Überlastungsverletzung, die Schulterbeschwerden der dominanten Wurfhand, diskutiert und anhand von anschaulichen Bildern erläutert. Zur Schulung handballspezifischer Bewegungen wurden drei Techniken auf dem Video auf ihre Verletzungsanfälligkeit erläutert und der korrekte Technikerwerb Schritt für Schritt auf der DVD beigebracht. Die vier Techniken sind der schnelle Richtungswechsel, beidbeinige Landungen und zwei weitere verschiedene Landevarianten.

Bezüglich der Kreuzbandverletzungen wurden insbesondere die Bänderdominanz bei Landungen und Finten erläutert. Für die Landungen wurden zwei verschiedene Spielerinnen gezeigt, die von einem Turnkasten von 41cm Höhe gesprungen sind und die Aufgabe hatten, einen Drop-Jump auszuführen [Hewett et al. 2010]. Hierbei lautet die Aufgabe, direkt nach der Landung so schnell wie möglich so hoch wie möglich erneut hochzuspringen. Durch die Erhöhung zeigt sich die Bänderdominanz verstärkt und kann besser dargestellt werden.



Abb. 7 Darstellung unterschiedlicher Bänderdominanz während Landungen von zwei verschiedenen Spielerinnen a) mit mittelgradiger Valgusstellung während der Landung und b) mit hochgradiger Valgusstellung und sog. "kissing knees"



Abb. 8 Darstellung einer muskelbetonten Landung mit dem Hinweis “leise landen”



Abb. 9 Illustration einer korrekten Fintentechnik mit nach vorne genommenen Oberkörper über dem linken Knie und gerade gestelltem linken Fuss von b) vorne und a) schräg-vorne

2.4.3 Trainingsvorgaben

Den Trainern wurden Vorgaben gemacht, wie sie die Übungen in ihr Training integrieren sollten, da Übungen ohne Vorgaben als ineffektiv beschrieben wurden [Soligard Compliance]. Das Programm sollte während der Saisonvorbereitung zwei- bis dreimal pro Woche und während der Meisterschaftsrunde einmal pro Woche ausgeführt werden. Für alle fünf Übungsmodul wird zu Beginn ungefähr 15 bis 20 Minuten benötigt, nach Gewöhnungsphase der Spieler an die Übungen dauert die Übungen ca. 10 Minuten pro Trainingseinheit. Nach Erreichen der schwierigsten Stufe durften die Trainer die Übungen und Übungsalternativen frei aus den einzelnen Modulen wählen. Hierdurch sollte eine höhere Compliance erreicht werden, da die Spieler nicht durch Monotonie im Trainingsalltag die Übungen qualitativ schlechter ausführen [Soligard et al. 2010]. Für die Integration der Technikübungen in das Training gab es keine Vorgaben.

2.5 Produktion DVD

Für die einzelnen Module wurden verschiedene Übungen auf Video aufgenommen. Die DVD wurde

an einem Tag in Kooperation mit zwei Studenten der Hochschule für Fernsehen und Film München gedreht. Zur Verfügung standen zwei hochauflösende Kameras. Eine Kamera konnte 60 Hertz und die andere Kamera 30 Hertz aufnehmen. Dazu standen zwei Richtmikrofone und ein Hemdmikrofon zu Verfügung. Drehort war die Schulhalle der Dr.-Wintrich-Schule in Ebersberg.

Zwei männliche und zwei weibliche Spieler hatten die Aufgabe, mit dem jeweiligen Partner alle Übungen für ein Modul vorzuspielen. Als Darsteller haben sich Jugendspieler zwischen 14 und 16 Jahren des TSV 1877 Ebersberg e.V. zur Verfügung gestellt. Diese vier Spieler waren alle im Auswahlkader Bayerns, in den die besten vierzehn Spieler oder Spielerinnen des Bundeslands Bayerns berufen werden. Ein Spieler war zum Zeitpunkt des Drehs Spieler der deutschen Jugendnationalmannschaft. Dadurch konnte eine hohe Ausführungsqualität gewährleistet werden. Alle Spielern und Eltern haben einen Komparsenvertrag zur Nutzung der Bild- und Tonrechte unterschrieben.

Die gefilmten Videosequenzen wurden mit Adobe Premiere Pro, Version 2015 C, zusammengeschnitten und zusammengefügt. Mit dem presswerk e.K. wurden das endgültige Video auf DVD gepresst.



Abb. 10 Printversion der produzierten, gepressten Verletzungspräventions-DVD

2.6 Statistik

Angepasst an die Fragestellungen dieser Studie, wurden die gewonnenen Daten aus Verletzungen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe ausgewertet. Kontinuierliche Daten wurden als Durchschnitt und Standarddeviation (SD) und kategoriale Daten als Prozente ausgedrückt. Der primäre Endpunkt "Inzidenz von schweren Knieverletzungen" wurde zwischen den zwei Studiengruppen durch den exact test mit Poissonscher Verteilung verglichen. Odds Ratio und 95% Konfidenzintervalle wurden beschrieben. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgesetzt.

Keine Power Berechnung zur Bestimmung der Anzahl der benötigten Spieler wurde berechnet, da versucht wurde, so viele Mannschaften wie möglich für die Studie zu rekrutieren. Die Ergebnisse wurden mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics, Version 23.0 bearbeitet und ausgewertet. Diese Studie erhielt die Genehmigung der Ethikkommission der Universität Regensburg.

3 Ergebnisse

3.1 Studienteilnehmer

Von den insgesamt 34 registrierten Mannschaften, mussten 4 Mannschaften vor der Randomisierung aus der Studie ausgeschlossen werden. Zwei der 4 Mannschaften besaßen nicht die Einschlusskriterien einer B- oder A-Jugendmannschaft. Zwei weitere Mannschaften bestanden nur aus einer Einzelanmeldung eines einzelnen Spielers bzw. Spielerin (Tabelle Abb. 11). Dreißig Mannschaften wurden in die Studie eingeschlossen und in eine Interventions- oder Kontrollgruppe block-randomisiert. Die Blöcke der Randomisierung bestanden aus jeweils maximal 2 Mannschaften. Die Mannschaften wurden in diese Blöcke anhand des Alters (B- oder A-Jugend) und Geschlecht (weiblich oder männlich) eingeteilt. Von den 30 randomisierten Mannschaften mussten 7 Mannschaften und 9 Spieler/-innen von der Studie ausgeschlossen werden. Gründe hierfür waren unvollständige Datenangaben über die gesamte Saison, der Wechsel einer Spielerin oder eines Spielers in eine andere Mannschaft oder der Rückzug der Einverständnisse der Eltern (Abb. 11).

Von den 23 Mannschaften wurden schließlich 13 Mannschaften in die Interventionsgruppe und 10 Mannschaften in die Kontrollgruppe randomisiert und in die Studie eingeschlossen. Die 13 Interventionsmannschaften bestanden aus 98 weiblichen und 70 männlichen Spieler/-innen während die Kontrollgruppe 76 weibliche und 35 männliche Spieler/-innen stellte (Abb. 11).

3.2 Anthropometrische Daten

Das Durchschnittsalter in beiden Mannschaften betrug 15,0 Jahre. Die Spieler/-innen waren im Durchschnitt 172,2 cm groß, und 64,7 kg schwer. Dies ergab einen berechneten Body-Mass Index (BMI) von 21,4 kg/ m² (Tabelle 4).

	Interventionsgruppe (n=168) Durchschnitt ±SD (range)	Kontrollgruppe (n=111) Durchschnitt ±SD (range)
Alter (Jahre)	14,9 ± 0,9 (13 - 18)	15,1 ± 1,0 (13 - 18)
Größe (cm)	171,2 ± 9,2 (156 - 198)	173,8 ± 9,9 (152 - 203)
Gewicht (kg)	64,3 ± 9,7 (49 - 94)	65,5 ± 11,3 (40 - 93)
BMI (kg/m ²)	21,1 ± 2,1 (17,9 – 28,0)	21,8 ± 2,7 (17,3 – 29,0)

Tabelle 4 Anthropometrische Daten der Studienteilnehmer

3.3 Handballspezifische Ergebnisse

Von den 279 Spielern waren 35 (12,5%) Torhüter und 244 (87,5%) Feldspieler. Von den 244 Feldspielern waren 53 (21,7%) auf verschiedenen Feldpositionen eingesetzt (Tabelle X). Die Interventionsgruppe hatte einen höheren Anteil an Spielern, die auf mehreren Feldpositionen spielten. Die Anzahl der Torhüter war ähnlich (Tabelle 5). Der Großteil der Spieler (89,3%) war Rechtshänder. 4 (1%) Spieler warfen mit beiden Händen (Tabelle 6).

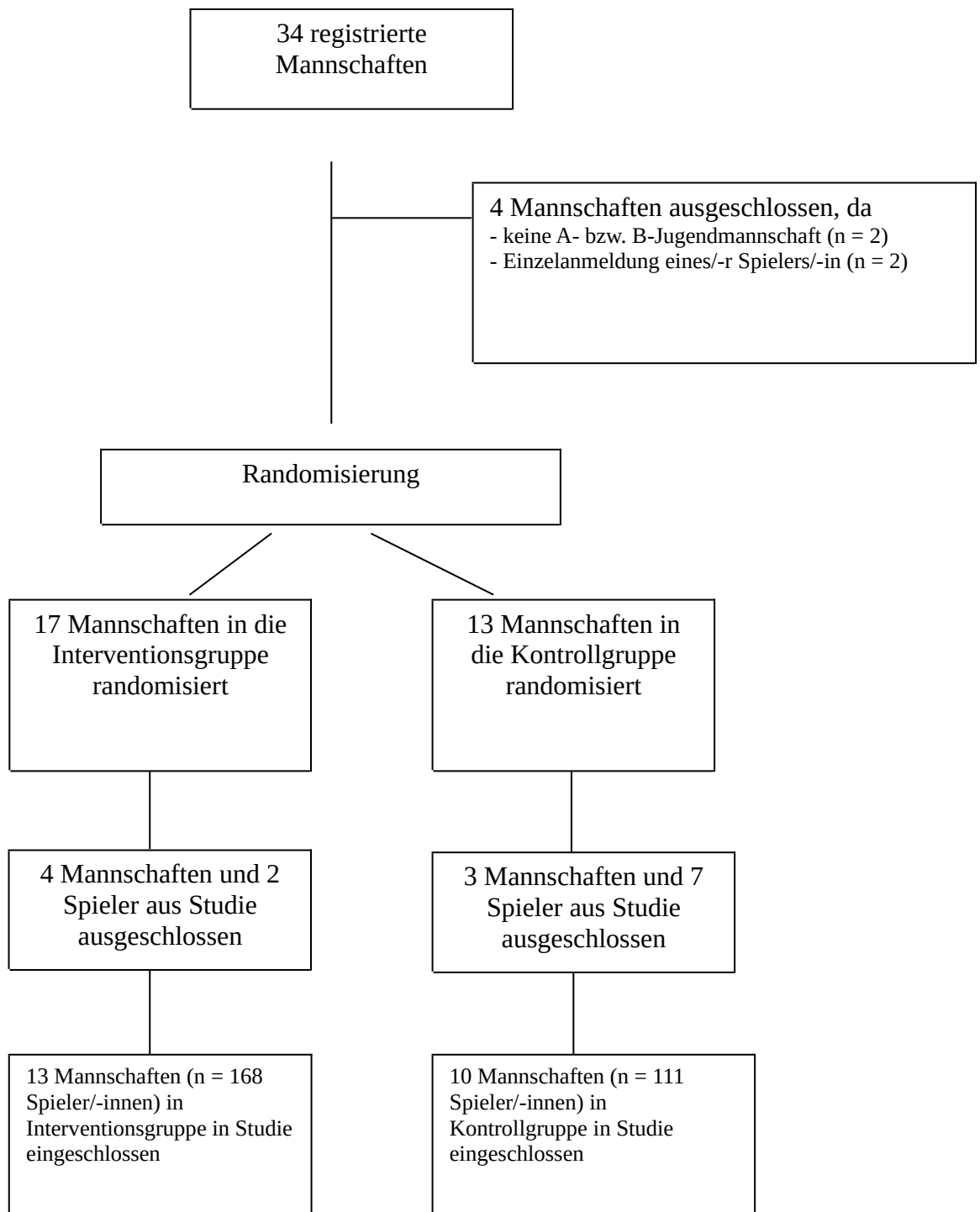


Abb. 11 Flow chart der Studie

	Interventionsgruppe (n=168) n (%) ± SD	Kontrollgruppe (n=111) n (%) ± SD
Torwart	23 (13,7)	12 (10,8)
Aussenposition	33 (19,6)	33 (29,7)
Rückraum	53 (31,5)	43 (38,7)
Kreis	16 (9,5)	13 (11,7)
Mehrere Feldpositionen	43 (25,6)	10 (9,0)

Tabelle 5 Verteilung der Feldposition

	Interventionsgruppe (n=168) n (%)	Kontrollgruppe (n=111) n (%)
Rechts	150 (89,3)	99 (89,2)
Links	14 (8,3)	12 (10,8)
Beidhändig	4 (2,4)	0

Tabelle 6 Verteilung der dominanten Wurfhandseite

Insgesamt spielten die 279 Spieler zusammen 44.207 h Handball während der Studienzeit in der Saison 2015/16. Davon waren 5.114 h (11,6%) Spiele und 39.093 h (88,4%) Handballtraining. Im Durchschnitt hatte jeder Spieler 158,4 h Handball-, davon 18,3 h Spiel- und 140,1 h Trainingsexposition. A-Jugendspieler hatten eine höhere Handballexposition als B-Jugendspieler mit 225,9 h gegenüber 146,8 h. Die Interventionsgruppe hatte einen höheren Anteil an Spielexposition während die Kontrollgruppe einen gering höheren Anteil an Handballexposition insgesamt hatte (Tabelle 7).

	Interventionsgruppe (n=168) n (%) ± SD	Kontrollgruppe (n=111) n (%) ± SD
Handballexposition (h)	26.278 (100)	17.929 (100)
Spielexposition (h)	3.327 (12,7)	1.787 (10,0)
Trainingsexposition (h)	22.952 (87,3)	16.142 (90,0)
Handballexposition pro Spieler (Durchschnitt in h)	156,4 ± 84,8	161,5 ± 54,7
Spielexposition pro Spieler (Durchschnitt in h)	19,8 ± 9,0	16,1 ± 7,1
Trainingsexposition pro Spieler (Durchschnitt in h)	136,6 ± 82,5	145,4 ± 48,5

Tabelle 7 Verteilung der Handballexposition in Stunden

Die Spieler hatten im Durchschnitt 7,2 Jahre Erfahrung in Handball als Vereinssport. Die Interventionsgruppe hatte mehr Erfahrung als die Kontrollgruppe (Tabelle 8). Zwanzig (11,9%) Spieler in der Interventionsgruppe und 10 (9,0%) Spieler in der Kontrollgruppe hatten vor der Saison den Verein gewechselt.

	Interventionsgruppe (n=168) n (%) ± SD	Kontrollgruppe (n=111) n (%) ± SD
Jahre Handballerfahrung	7,6 ± 2,8 (1 - 13)	6,7 ± 3,0 (1 - 14)

Tabelle 8 Verteilung der Handballerfahrung als Vereinssport der Spieler in Jahre

3.4 Verletzungsstatistik

Von den 279 eingeschlossenen Spielern erlitten 68 (24,3%) Spieler 82 Verletzungen. Dies ergab eine Verletzungsinzidenz von 1,85 Verletzungen pro 1000 h Handballexposition. Die Verletzungsinzidenz betrug 8,2 pro 1000 h Spiel- und 1,0 pro 1000 h Trainingsexposition. A- und B-Jugendspieler hatten die gleiche Verletzungsinzidenz mit 1,85 und 1,86 Verletzungen pro 1000 h Handball. Der Vergleich zwischen den Geschlechtern zeigte 1,91 Verletzungen pro 1000 h Handball für männliche Spieler und 1,78 für weibliche Spielerinnen (p = n. s.). Neun der Studienteilnehmer erlitten mehr als 1 Verletzung in der Saison. Fünf Spieler hatten 2 Verletzungen und vier Spieler hatten 3 Verletzungen. In der Interventionsgruppe erlitten 42 Spieler (25%) 50 Verletzungen und in der Kontrollgruppe erlitten 27 Spieler (24%) 32 Verletzungen. Dies ergab eine Inzidenz von 1,90 Verletzungen pro 1000 h für die Interventionsgruppe und 1,78 pro 1000 h für die Kontrollgruppe.

Achtundsechzig (83%) aller Verletzungen waren traumatische Verletzungen und 14 (17%) waren Überlastungsverletzungen. Distorsionen waren die häufigsten Verletzungen mit 27 (33%), gefolgt von Überlastungsverletzungen und Kontusionen (n = 12, 15%). Es wurden 3 Gehirnerschütterungen registriert (Tabelle 9). Die Kontrollgruppe hatte mit 4 Rupturen doppelt so viele Verletzungen dieser Art wie die Interventionsgruppe mit 2 Rupturen (Tabelle 9). Die Körperstellen für Frakturen waren der Unterarm, Daumen, Tibia, Sprunggelenk, Fuß und Zehe. Luxationen erfolgten an der dominanten Schulter, dem Daumen und Finger der dominanten Hand.

	Interventionsgruppe (n = 168)		Kontrollgruppe (n = 111)	
	Anzahl an Verletzungen n (%)	Verletzungen / 1000 h	Anzahl an Verletzungen n (%)	Verletzungen / 1000 h
Hautverletzung	1 (2%)		0	
Kontusion	10 (20%)		2 (6%)	
Distorsion	16 (32%)		11 (34%)	
Zerrung	6 (12%)		1 (3%)	
Fraktur	3 (6%)		3 (9%)	
(Sub-)Luxation	2 (4%)		1 (3%)	
Ruptur	2 (4%)		4 (13%)	
Gehirnerschütterung	0		3 (9%)	
Andere	10 (20%)		7 (22%)	

Tabelle 9 Verletzungsarten für Interventions- und Kontrollgruppe

Die Interventionsgruppe erlitt 50 Verletzungen während der Saison, was eine Inzidenz von 1,90 pro 1000 h ergab, während die Kontrollgruppe mit 32 Verletzungen eine Inzidenz von 1,78 pro 1000 h zeigte (p = n.s.). Die Kontrollgruppe hatte einen höheren Anteil an schweren (>28 Tage) und moderaten (8-28 Tage) Verletzungen (Tabelle 10). Der Anteil an milden (4-7 Tage) Verletzungen war ähnlich mit 19% und 20%. Die Interventionsgruppe zeigte einen hohen Anteil an minimalen und leichten Verletzungen während die Kontrollgruppe keine Verletzungen dieser Schwere zeigte (Tabelle 10).

	Interventionsgruppe (n = 168)		Kontrollgruppe (n = 111)	
	Anzahl an Verletzungen n (%)	Verletzungen / 1000 h	Anzahl an Verletzungen n (%)	Verletzungen / 1000 h
Minimal	8 (16%)		0	
Leicht	15 (30%)		0	
Mild	10 (20%)		6 (19%)	
Moderat	9 (18%)		10 (31%)	
Schwer	8 (16%)		16 (50%)	

Tabelle 10 Verletzungsschwere für Interventions- und Kontrollgruppe

Die am häufigsten betroffene Körperstelle war die untere Extremität mit 59% (n = 48). Das Sprunggelenk (22,0%, n = 18) und das Knie (18,3%, n = 15) waren davon die häufigsten Körperstellen.

Die häufigst verletzte Körperstelle der oberen Extremität waren die Hand/Handgelenk (n = 8) vor Finger (n = 6) und Schulter (n = 6).

	Interventionsgruppe (n = 168)		Kontrollgruppe (n = 111)	
	Anzahl an Verletzungen n (%)	Verletzungen / 1000 h	Anzahl an Verletzung en n (%)	Verletzungen / 1000 h
Kopf/Hals	3 (6%)	0,11	3 (9%)	0,17
Brustkorb	1 (2%)	0,04	0	0
Rücken	2 (4%)	0,08	0	0
Schulter	4 (8%)	0,15	2 (6%)	0,11
Ellbogen/Unterarm	3 (6%)	0,11	0	0
Handgelenk/Hand	4 (8%)	0,15	4 (13%)	0,22
Finger	5 (10%)	0,19	1 (3%)	0,06
Hüfte/Leiste	2 (4%)	0,08	1 (3%)	0,06
Oberschenkel	2 (4%)	0,08	0	0
Knie	8 (16%)	0,30	7 (22%)	0,39
Unterschenkel	2 (4%)	0,04	0	0
Sprunggelenk	11 (22%)	0,42	8 (25%)	0,45
Fuß	3 (6%)	0,11	6 (19%)	0,33

Tabelle 11 Verletzungen je Körperstelle für Interventions- und Kontrollgruppe

Die Knieverletzung war die zweithäufigste Verletzung im Jugendhandball. Die Prävalenz der schweren Knieverletzung war 2,5%. Vier männliche und drei weibliche Spieler erlitten eine schwere Knieverletzung (Tabelle 12). Der primäre Endpunkt "schwere Knieverletzung" wurde mit einer Verletzungsinzidenz von 0,33 pro 1000 h häufiger in der Kontrollgruppe als in der Interventionsgruppe mit 0,04 pro 1000 h erlitten. Die Odds Ratio war 0,11 (95 Konfidenzintervall 0,01 – 0,90), $p = 0,019$ (Tabelle 12).

Knieverletzungen	Interventionsgruppe (n = 168)		Kontrollgruppe (n = 111)	
	Anzahl an Verletzungen n	Verletzunge n / 1000 h	Anzahl an Verletzung gen n	Verletzungen / 1000 h
Alle Knieverletzungen	8	0.30	7	0.39
Schwere Knieverletzungen	1	0.04*	6	0.33
VKB Verletzungen	1	0.04	2	0.11
HKB Verletzungen	0	0	1	0.06
MCL/LCL Verletzungen	0	0	2	0.11
Meniskusverletzungen	0	0	1	0.06
Weniger schwere Verletzungen	7	0.27	1	0.06

Tabelle 12 Anzahl und Inzidenz an Knieverletzungen, * $p < 0.05$

Für sekundäre Zielp Parameter konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Interventionsgruppe unterschied sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe in Hinblick auf Verletzungen zu den unteren Extremitäten, Sprunggelenk oder oberen Extremitäten. Für die erste Verletzungsgruppe wurden bei der Interventionsgruppe 1,03 Verletzungen pro 1000 h verzeichnet und bei der Kontrollgruppe 1,17 Verletzungen pro 1000 h. Für Sprunggelenksverletzungen waren es 0,42 gegenüber 0,45 Verletzungen pro 1000 h (OR 0,82, 95% KI 0,34 – 2,02, p=ns) und für die obere Extremität waren es 0,61 gegenüber 0,39 Verletzungen pro 1000 h (OR 1,47, 95% KI 0,580 – 3,731, p=ns)(Tabelle 13).

	Interventionsgruppe (n = 168)		Kontrollgruppe (n = 111)	
	Anzahl an Verletzungen n	Verletzungen / 1000 h	Anzahl an Verletzungen n	Verletzungen / 1000 h
Alle Sprunggelenksverletzungen	11	0.42	8	0.45
Sprunggelenksdistorsionen	10	0.38	7	0.39
Sprunggelenksfrakturen	0	0	1	0.06
Andere	1	0.04	0	0

Tabelle 13 Anzahl und Inzidenz an Sprunggelenksverletzungen

Die Verletzungsverteilung über die Saison zeigte einen Trend, dass mehr Verletzungen zu Beginn der Saison, d.h. August, September, Oktober und November eintreten (Tabelle 14). In der ersten Saisonhälfte wurden insgesamt mehr Verletzungen registriert als in der zweiten Saisonhälfte (Tabelle 14). Die Interventionsgruppe zeigte mehr Verletzungen in der ersten Saisonhälfte während die Kontrollgruppe mehr Verletzungen in der zweiten Saisonhälfte zeigte.

Die Gesamtexposition betrug 14,4 h pro Monat. Berechnet man den Monat April heraus, in dem viele Mannschaften bereits Saisonende hatten, so ergibt sich eine Gesamtexposition von 15,7 h pro Monat. Der Ferienmonat August zeigte, ausgenommen dem Monat April, den niedrigsten Wert mit 9,6 h während der Folgemonat September den höchsten Einzelwert hatte mit 19,9h. Die Ferienmonate Oktober mit den Herbstferien im Bundesland Bayern und Dezember mit den Weihnachtsferien in Gesamtdeutschland zeigten einen etwas geringeren Wert als die restlichen Monate mit 16,1 und 16,9 (Tabelle 14).

Die Spielstunden waren gleichwertig über die Saison verteilt, mit etwas geringeren Werten für die Zeit ausserhalb der Meisterschaft im Juni, Juli, August und April. Der Monat August zeigte auch hier erneut einen deutlichen Abfall gegenüber den anderen Monaten aus obengenannten Gründen.

Monat	Anzahl an Verletzungen (Interventions-/Kontrollgruppe)	Handballexposition in h pro Spieler		
		Gesamtexposition (Interventions-/Kontrollgruppe)	Trainingsexposition (Interventions-/Kontrollgruppe)	Spielexposition (Interventions-/Kontrollgruppe)
Juni	6 (2/4)	14.3 (13,3/15,6)	12.9 (11,4/15,1)	1.4 (1,9/0,5)
Juli	5 (5/0)	14.1 (12,7/16,0)	12.3 (10,8/14,5)	1.8 (1,9/1,5)
August	10 (8/2)	9.6 (9,6/9,4)	8.8 (8,7/8,8)	0.8 (0,9/0,6)
September	11 (10/1)	19.9 (20,5/18,9)	17.3 (17,6/16,8)	2.6 (2,9/2,1)
Oktober	14 (10/4)	16.1 (14,6/18,4)	14.1 (12,5/16,5)	2.0 (2,1/1,9)
November	10 (3/7)	18.1 (18,0/18,3)	15.9 (15,8/16,0)	2.2 (2,2/2,3)
Dezember	6 (0/6)	16.9 (17,2/16,2)	14.6 (15,2/13,6)	2.3 (2,0/2,6)
Januar	4 (1/3)	17.1 (17,3/16,9)	15.1 (15,2/15,0)	2.0 (2,1/1,9)
Februar	6 (2/4)	17.5 (17,0/18,2)	15.5 (15,1/15,9)	2.0 (1,9/2,3)
März	2 (1/1)	16.0 (17,0/14,6)	14.3 (15,2/13,1)	1.7 (1,8/1,5)
April	0	1.7 (1,6/1,9)	1.5 (1,3/1,7)	0.2 (0,3/0,2)
Gesamt	82 (50/32)	158.5 (156,4/161,5)	140.1 (136,6/145,4)	18.4 (19,8/16,1)

Tabelle 14 Verteilung der durchschnittlichen Handballexposition und Verletzung über die Saison

Die retrospektive Analyse der schweren Knieverletzungen zeigte, dass 21 Mannschaftstrainer eine B- oder A-Jugendmannschaft in der vorangegangenen Saison 2014/15 trainiert haben. In dieser Gruppe zeigte sich 4 VKB-Rupturen, 2 Patellaluxationen und 4 Verletzungen des Innen- bzw. Aussenbandes des Knies (MCL bzw. LCL). Die Handballexposition wurde je Trainer von der Mannschaft der Saison 2015/16 übernommen. Hierbei ergab sich eine Inzidenz an schweren Knieverletzungen von 0,37 pro 1000 h.

4 Diskussion

4.1 Verletzungsreduktion durch Präventionsübungen

Diese Studie zeigte zum ersten Mal, dass Prävention von schweren Knieverletzung im Jugendhandball ohne Zusatzmaterialien möglich ist. Im Vergleich mit einer Kontrollgruppe konnte in dieser prospektiv, randomisiert-kontrollierten Studie die Inzidenz der häufigsten, schweren Verletzung signifikant reduziert werden (OR 0,11, 95% KI 0,01 – 0,90, p = 0,019).

Schwere Knieverletzungen, zum Beispiel vordere Kreuzbandrupturen, stellen ein großes Problem in Jugendhandball dar. Sie sind verbunden mit einer möglichen Operation, lange Rehabilitationsphase, langer Abwesenheit vom Sport, Verringerung der körperlichen Leistung, mögliche posttraumatische Langzeitschäden aufgrund des verletzten Gelenks und einem möglichen freiwilligen oder unfreiwilligen Beendigung der Sportkarriere aufgrund der Verletzung [Hägglung, Lohmander, Smith]. In diesem Zusammenhang ist zu nennen, dass Bewegungsarmut als das größte Gesundheitsrisiko im 21. Jahrhundert titulierte wurde und ungefähr ein Drittel aller Spieler, die ihre Karriere frühzeitig beenden eine Sportverletzung als Begründung angeben [Blair 2009].

Kreuzbandrupturen treten ab dem 14. Lebensalter vermehrt auf und die meisten Verletzungen sind in der Altersklasse von 15 bis 19 Jahren zu finden [Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2006, Myklebust et al. 2003, Myklebust et al. 2013]. Daher sollten Mittel zur Verletzungsprävention bereits im Jugendalter beginnen [Klügl et al. 2010, Krutsch et al. 2016, Moller et al. 65]. Aufwärmprogramme oder Trainingsprogramme werden in Mannschaftssportarten im Amateur-, Jugend- und Profibereich durch den jeweiligen Trainer erstellt und stellen dadurch gute und einfach zu beeinflussende Faktoren dar, mit der die Verletzungsrate reduziert werden kann [Dvorak et al. 2000, Dvorak et al. 2009]. Die Trainer haben dadurch einen entscheidenden verantwortungsvollen Anteil daran Verletzungen zu verringern.

In der Literatur gibt es zunehmend mehr Beweiskraft aus Verletzungspräventionsstudien, dass Verletzungsprävention im Handball möglich ist. Der Fokus dieser Studien waren primär neuromuskuläre Trainingsprogramme für die untere Extremität [Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2006, Myklebust et al. 2003, Myklebust et al. 2013, Petersen 2005].

Schlechte posturale Kontrolle und muskuläre Schwächen wurden als Risikofaktoren für eine erhöhte Anfälligkeit für Verletzungen der unteren Extremität angenommen [Hoffmann]. Verletzungspräventionsprogramme haben sich daher fokussiert auf propriozeptive Trainingsmodule

mit oder ohne Zusatzmaterialien, wie zum Beispiel Wackelbretter, und Kraftübungen. Diese Übungsprogramme konnten dadurch suffizient Propriozeption, posturale Kontrolle und Muskelkraft verbessern und dadurch Verletzungsraten verringern, insbesondere der unteren Extremität [Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2006, Myklebust et al. 2003, Myklebust et al. 2013 van Grinsven et al. 2010]. Zusätzlich ist es auch wichtig, dass die Übungen, regelmäßig in das Training integriert werden und somit eine hohe Compliance mit dem Programm besteht [Soligard et al. 2010]. Mannschaften und Spieler, die die Übungen regelmäßiger anwenden haben einen höheren Effekt als Mannschaften und Spieler, die die Übungen unregelmäßiger über die Saison verwenden [Soligard et al. 2010].

Das Programm zur Verletzungsprävention, das in dieser Studie benutzt wurde, fokussierte sich auf Übungen der unteren Extremität und beinhaltete Übungsmodule, die zur Prävention von schweren Knieverletzungen beitragen sollte, die typisch für Handball und Jugendhandball sind [Laver et al. 2014, Olsen et al. 2006, Olsen et al. 2005]. Die benutzten Übungen haben sich aufgrund der Erfahrung des Autors als ehemaliger Profihandballspieler und aktueller Handballtrainer im Jugendbereich als geeignet für den Alltag im Jugendhandball für beide Geschlechter gezeigt. Die Übungen dieses Übungsprogramms wurden deswegen so entworfen, dass keine Zusatzmaterialien verwendet werden müssen, dass die finanzielle Investition erhöht und damit die Compliance im schwierig erreichbaren pubertären Jugendalter senken könnten. Der Effekt, dass auch ohne Zusatzmaterialien Verletzungen verringert werden können, ist in anderen Teamsportarten bekannt und wurde durch diese Level-1 Studie erstmals im Jugendhandball gezeigt [Herman et al. 2012]. Die Inzidenz der schweren Knieverletzungen in der Kontrollgruppe dieser Studie war vergleichbar zur bisherigen Literatur und zu der retrospektiven Abfrage der gleichen Trainer in der gleichen Altersgruppe [Laver et al. 2014, Reckling et al. 2003, Olsen et al. 2005].

4.2 Allgemeine Verletzungsdaten

Die Anzahl der Mannschaften, die in die Studie eingeschlossen wurden, waren ausreichend um einen signifikanten Unterschied darstellen zu können. Der Drop-Out von insgesamt 7 Mannschaften ist für den Amateur- und Jugendsport als normal angesehen [Krutsch et al. 2016]. Profimannschaften sind es gewohnt, regelmäßig Daten über sich abzugeben, damit diese statistisch ausgewertet werden können, während den Amateur- und Jugendsportlern die Erfahrung damit fehlt und einige Mannschaften während der gesamten Dauer der Studie nicht alle Daten suffizient abgeben [Krutsch et al. 2016, Junge et al. 2000].

Von den 279 eingeschlossenen Spielern erlitten 68 (24,3%) Spieler 82 Verletzungen. Die Verletzungsinzidenz von 1,85 Verletzungen pro 1000 h Handballexposition war niedriger als bei den Männern und Frauen aber vergleichbar mit ähnlichen epidemiologischen Studien (Tabelle 1) [Olsen et al. 2005, Myklebust et al. 2013, Reckling, VBG-Sportreport 2016]. Die Verletzungsinzidenz war in den Spielen mit 8,2 pro 1000 h deutlich höher als in Trainingseinheiten mit 1,0 pro 1000 h. Auch dies war vergleichbar mit der Literatur im Jugendhandball, jedoch insgesamt etwas niedriger

einzustufen als andere Studien (Tabelle 1) [Olsen et al. 2005]. Kein Unterschied für verschiedene Altersgruppen konnte dargestellt werden aber männliche Jugendspieler hatten mit 1,91 Verletzungen pro 1000 h Handball eine höhere Inzidenz als weibliche Spielerinnen mit 1,78. In der Literatur ist meist eine höhere Verletzungsinzidenz für weibliche Spielerinnen angegeben werden, was durch die Effekte des Interventionsprogramms erklärt werden kann.

Dreiundachtzig Prozent aller Verletzungen waren traumatisch und die häufigsten zwei Verletzungen waren Knie- und Sprunggelenksverletzungen, was den Werten in der Literatur entspricht [VBG Sportreport 2016]. Die häufigsten akuten Verletzungsarten waren Distorsionen und Kontusionen. Auch dies entspricht der Literatur [VBG- Sportreport 2016].

4.3 Unterschiede der Interventions- und Kontrollgruppe

Die anthropometrischen und handballspezifischen Daten der teilnehmenden Mannschaften in Interventions- und Kontrollgruppe waren vergleichbar. Die Interventionsgruppe hatte einen höheren Anteil an Spielern, die auf mehreren Feldpositionen eingesetzt wurde als die Kontrollgruppe. Dies könnte einen leicht positiven Effekt auf die Verringerung der Verletzungsrate haben, da eine frühzeitige Spezialisierung mit einer höheren sportspezifischen Adaption einhergeht und damit zu Verletzungen prädisponieren könnten. Allerdings existieren zum derzeitigen Zeitpunkt noch keine Daten hierzu. Die Interventionsgruppe hatte im Gegensatz eine höhere Spielexposition. Da die Verletzungsrate 8,2fach höher in Spielen als im Training war, kann davon ausgegangen werden, dass die Interventionsgruppe während der Studie ein insgesamt höheres Verletzungsrisiko als die Kontrollgruppe hatte. Die Prävalenz der Verletzungen zwischen den zwei Gruppen war jedoch vergleichbar mit 25% und 24%.

Die Studie zeigte eine nicht-signifikante höhere Inzidenz an Gesamtverletzungen mit einer höheren Inzidenz von 1,90 in der Interventionsgruppe gegenüber 1,78 in der Kontrollgruppe. Allerdings gab es deutliche Unterschiede zwischen den schweren Verletzungen (Tabelle X). Dies kann vor allem am empfohlenen standardisierten Aufwärmen und dem Übungsprogramm per se erklärt werden. Die Interventionsgruppe zeigte einen hohen Anteil an minimalen und leichten Verletzungen, die 0 bzw. 1-3 Tage Ausfallzeit bedeuten, während die Interventionsgruppe einen höheren Anteil an moderaten (8-28 Tage) und schweren (> 28 Tage) Verletzungen hatte. Neben den neuromuskulären Übungen wurden den Trainern Technikübungen mitgegeben, die die Verletzungen beim Landen nach Sprüngen verringern sollen. Insbesondere Verletzungen der Hand und des Handgelenks sind hier möglich, da Kontakte in der Luft durch Abfangen der Hände abgefedert werden müssen. Eine bessere Technik erlaubt hierbei, die Last für die Hände und Handgelenke zu reduzieren. Dies könnte einen Einfluss auf die geringere Anzahl an schweren Verletzungen gehabt haben.

4.4 Weitere Verletzungstypen

Diese Studie analysierte auch weitere Sekundärparameter wie Sprunggelenks- und Schulterverletzungen. Sprunggelenksverletzungen waren die häufigste Verletzungsart aber es konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Studiengruppen gezeigt werden. Für

Sekundärverletzungen haben sich bisher nur Taping und Bracing als erfolgreich erwiesen, die Rezidivverletzungsrate zu verringern [McGuine et al. 2011 , McKeon 2008, Doherty et al. 2016]. Neben der reinen Bandstabilität wurden das weibliche Geschlecht, schlechte posturale Kontrolle, neuromuskuläre Asymmetrien und muskuläre Inhibition nach einer Verletzung wurden als Risikofaktoren beschrieben, eine erneute Sprunggelenksverletzung zu erleiden und eine chronische Sprunggelenksinstabilität zu entwickeln. Die durch diese Studie gezeigten Übungsmodulare wurden den Spielern Übungen gegeben, die sie in dieser Hinsicht verbessern sollten, was einen theoretischen Effekt auf die Sprunggelenksinzidenz hätte haben können. Auf der anderen Seite ist es wahrscheinlich, dass diese Übungen nicht effektiv genug sind, Primärverletzung zu verringern und die Anzahl an Sekundärverletzungen in dieser Altersgruppe und in der gemischten Studienpopulation nicht hoch genug sind, um einen Effekt zu beweisen. Hinzu kommt, dass es bisher keine Studie weltweit gibt, die einen signifikanten Effekt auf die Primärverletzungen zeigen konnte und die Risikofaktoren für diese Verletzungsart daher noch nicht genügend erforscht sind.

Die Verletzungsrate für die obere Extremitäten zeigte eine hohe Verletzungsinzidenz, insbesondere traumatische Verletzungen. So zum Beispiel Frakturen der dominanten Hand und Luxationen der dominanten Schulter. Die im Übungsprogramm enthaltenen Übungen hatten das Ziel, die Propriozeption des scapulothorakalen Gelenks zu verbessern und die externe Rotationskraft der Rotatorenmannschette der dominanten Schulter zu verbessern. Diese Übungen wurden in der Literatur beschrieben, die Überlastungsverletzungen der dominanten Schulter zu verringern ohne Auswirkungen auf die akuten Verletzungen [Moller et al. 2017]. In dieser Studie konnte kein Effekt der Übungen gezeigt werden, da die Anzahl der Verletzungen mit insgesamt 6 Verletzungen sehr niedrig war. Weitere Studien sollten durchgeführt werden, um die Effektivität von Verletzungspräventionsübungen für die obere Extremität zu evaluieren.

4.5 Verletzungsverteilung über den Saisonverlauf

Die Verletzungsverteilung über die Saison zeigte eine asymmetrische Verteilung aller Verletzungen mit einer höheren Anzahl an Verletzungen in der ersten Saisonhälfte gegenüber der zweiten Saisonhälfte. Diese Saisonhälfte besitzt für Amateur-Jugendmannschaften mehr mögliche Trainingsunterbrechungen durch lange Sommer- und Herbstferien. Gabbett et al. (2010, 2014) zeigte in Teamsportarten, dass eine mehr als 1,5 fache Veränderung der akuten gegenüber der chronischen subjektiven Trainings- und Spiellast ein höheres Verletzungsrate ergibt. In diesem Sinne kann die reduzierte Handballlast in den Ferien, insbesondere in den Sommerferien, zu einem drastischen Anstieg der Handballlast nach den Sommerferien und zu Beginn der Saison im September geführt haben und dadurch das Verletzungsrisiko geführt haben (Tabelle 14). Auf der anderen Seite ist es auch möglich, dass gegen Ende der Saison eine Fragebogen-Müdigkeit eintrat. Trainer und Spieler hatten somit gegen Ende der Saison weniger Motivation, die Fragebögen und Dokumentationen auszufüllen, was das Ergebnis in diese Richtung verändert hat.

Trainings- und Spiellasten sind eine von vielen Risikofaktoren, eine Verletzung im Handball zu

erleiden. Trainingsbelastungen sollen positive physiologische Veränderungen bei den Athleten veranlassen und Leistung maximieren. Die verschiedenen biologischen Adaptationen, die durch (angemessenes) Training induziert werden, erhöhen die Kapazitäten der Sportler, Lasten zu akzeptieren und zu widerstehen. Sie können so vor Verletzungen schützen. Das Ziel von Belastungssteuerung ist Training, Spiele und anderen Belastungen optimal zu konfigurieren, um Adaptationen und Leistung zu maximieren und das Verletzungsrisiko zu minimieren.

4.6 Limitierungen des Studiendesigns

Diese prospektiv randomisiert-kontrollierte Studie hat mehrere Limitierungen. Mehrere Mannschaften und Spieler haben die Studie nicht bis zum Schluss durchgeführt und mussten aus der Studie ausgeschlossen werden. Es wurde keine Power Kalkulation zur Berechnung der Verletzungen der schweren Knieverletzungen durchgeführt war, da das Ziel war, so viele Teilnehmer wie möglich aus dem Amateur-Jugendhandball zu rekrutieren. Die Daten wurden monatlich durch die Mannschaftstrainer registriert, jedoch könnten es selbstregistrierte Verletzungen an adäquaten medizinischen Informationen mangeln im Vergleich zu Verletzungsdokumentationen, die durch medizinisches Personal ausgefüllt wurden.

4.7 Empfehlungen für die Handballpraxis

Mehrere Empfehlungen können aus dieser Studie abgeleitet werden. Aufwärmprogramme und Trainingsprogramme werden in Mannschaftssportarten im Amateur-, Jugend- und Profibereich durch den jeweiligen Trainer erstellt und stellen dadurch gute und einfach zu beeinflussende Faktoren dar, mit der die Verletzungsrate reduziert werden kann [Dvorak et al. 2000, Dvorak et al. 2009]. Aufgrund der möglichen niedrigen Compliance im pubertären Jugendalter sollten Mannschaftstrainer die Implementierung der Übungen in den Trainingsalltag überwachen.

Grundsätzlich haben sich Präventionsprogramme als sehr effektiv in weiblichen Athleten gezeigt, und in dieser Gruppe effektiver im Jugendalter als in älteren Altersgruppen, und sollten daher bereits in diesem Alter gezeigt und in das Training integriert werden. Athleten, die mehr als einen Sport ausüben, haben ein geringeres Risiko eine Verletzung oder Sport-Burnout zu erleiden und Vereine, Trainer und Eltern sollten daher motiviert werden, Spielern die Möglichkeit zu geben, mehrere Sportarten ausüben zu können. Die breite Ausbildung der Fähigkeiten während der frühen, mittleren und möglicherweise auch späten Adoleszenz kann sich zusätzlich positiv auf die Talententwicklung im Handball übertragen, da Fähigkeiten aus einem anderen Sport in den Handball übertragbar sind.

Diese Prinzipien einer handballspezifischen und handballunspezifischen Verletzungsprävention sollten in die Trainer Ausbildung der Jugendübungsleiter in Deutschland integriert werden, also der Jugendleiter, C- und B-Trainer Ausbildung. Hierfür sollten die 22 Landesverbände und der Dachverband Deutscher Handball Bund die Trainerausbildung dementsprechend erweitern.

5 Fazit

Es liegt in der Natur des Handballspiels mit schnellen Richtungswechseln unter hoher kognitiver Beanspruchung, dass das Kniegelenk hohen Belastungen ausgesetzt ist und schwere Verletzungen erleidet. In dieser Studie wurden nun erstmalig die Effekte eines Verletzungspräventionsprogramms ohne Zusatzmaterialien für schwere Knieverletzungen in der Hochrisikogruppe der 15 bis 18-jährigen Spielern und Spielerinnen erforscht mit einer signifikanten Verringerung der Verletzungsinzidenz pro 1000 h Handball für die Interventionsgruppe.

Dieses neuromuskuläre Übungsprogramm wurde speziell für diese Studie entworfen und beinhaltet die Module 1) Kraftübungen 2) plyometrische Übungen 3) Sprung- und Landeübungen und 4) Propriozeptive Übungen. Alle Übungen konnten ohne die Hilfe von Zusatzmaterialien ausgeführt werden. Die Effektivität solcher Übungen wurde für den Handball zum ersten Mal weltweit in einer Studie gezeigt.

Das Programm zur Verletzungsprävention, das in dieser Studie benutzt wurde, fokussierte sich auf Übungen der unteren Extremität und beinhaltete Übungsmodule, die zur Prävention von schweren Knieverletzungen beitragen sollte, die typisch für Handball und Jugendhandball sind [Laver et al. 2014, Olsen et al. 2005]. Die Übungen dieses Übungsprogramms wurden deswegen so entworfen, dass keine Zusatzmaterialien verwendet werden müssen, dass die finanzielle Investition erhöht und damit die Compliance im schwierig erreichbaren pubertären Jugendalter senken könnten.

Zusätzlich zeigte die Interventions-DVD Übungen für eine korrekte Technik der Hochrisiko-Aktionen Landungen nach einem Sprung und Finten. Verschiedene Techniken der Landungen und Finten haben gezeigt, dass sie Kreuzbandrisse anfälliger machen. Die wichtigsten technischen Schlüsselpunkte sind hierbei das kurze Setzen der Fintenbreite während des Antäuschens auf eine Seite, die Verringerung der Aussenrotation des Fintenfusses und die Verlagerung des Körperschwerpunkts über das belastete Bein während der Finte. All diese Aspekte werden am besten bereits im jungen Handballalter beigebracht.

Die wichtigste Rolle der Verletzungsprävention im Jugendhandball nimmt der Mannschaftstrainer ein, da er das Training konfiguriert. Die Rolle des Mannschaftstrainers hinsichtlich der Prävention beinhaltet die Einführung von guten Aufwärmroutinen und regelmäßige Implementierung von neuromuskulären Präventionsübungen, die korrekte Lehre von Techniken, insbesondere Landungen nach einem Sprung und Finten, sowie die Steuerung des optimalen Verhältnis zwischen Belastung und Regeneration seiner Spieler. Im Falle einer Verletzung sollte Erste Hilfe sicher angewandt werden können. All diese Aspekte sollten verpflichtend als Teil der Ausbildung für Handballtrainer integriert werden.

Zukünftige Studien sollten den Effekt der Studie bestätigen und ein größeres Teilnehmerfeld nutzen, um Effekte auf andere Verletzungsarten zu beweisen, wie zum Beispiel die Schulter-Überlastungsverletzungen.

Literaturverzeichnis

1. Andersson SH, Bahr R, Clarsen B, Myklebust G (2017) Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *Br J Sports Med* 51(14):1073-1080
2. Alentorn-Geli E, myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lazaro-Haro C, Cugat R (2009) Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanism of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17:705-729
3. Aughey RJ (2011) Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform* 6:295–310
4. Backx FJ, Beijer HJ, Bol E, Erich WB (1991) Injuries in high-risk persons and high-risk sports. A longitudinal study of 1818 school children. *Am J Sports Med* 19(2):124-130
5. Bahr R, Krosshaug T (2005) Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med* 39(6):330-339
6. Banister EW (1991) Modeling Elite Athletic Performance In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ (eds.) *Physiological Testing of Elite Athletes*. Champaign, Illinois: Human Kinetics
7. Barengo NC, Meneses-Echavez JF, Ramirez-Velez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JEC (2014) The Impact of the FIFA 11+ Training Program on Injury Prevention in Football Players: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 11(11):1986-2000
8. Bestandserhebung Deutscher Olympischer Sportbund (2016) Zugriff 20. August 2017, von: http://www.dosb.de/fileadmin/sharepoint/Materialien%20%7B82A97D74-2687-4A29-9C16-4232BAC7DC73%7D/Bestandserhebung_2016.pdf
9. Beneke R, Leithauser RM, Ochentel O (2011) Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform* 6:8–24
10. Blair N (2009) Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *Br J Sports Med* 43(1):1-2
11. Blanch P, Gabbett TJ (2015) Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med* 50(8):471-475
12. Booth FW, Thomason DB(1991) Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: Perspectives of various models. *Physiological Review* 71:541–585
13. Borresen J, Lambert MI (2009) The quantification of training load, the training response and the effect on performance *Sports Med* 39:779–795

14. Borresen J, Lambert MI (2008) Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform* 3:16–30
15. Brink MS, Visscher C, Arends S, et al (2010) Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *Br J Sports Med* 44:809–815
16. Chiu LZ, Barnes JL (2003) The fitness-fatigue model revisited: implications for planning short-and long-term training. *Strength Cond J* 25(6):42–51
17. Cross MJ, Williams S, Trewartha G, Kemp SP, Stokes KA (2016) The Influence of In-Season Training Loads on Injury Risk in Professional Rugby Union. *Int J Sports Physiol Perform* 11:350–355
18. Dharamsi A, LaBella C (2013) Prevention of ACL injuries in adolescent female athletes. *Contemporary Pediatrics* 30(7):12
19. Dirx M, Bouter LM, de Geus GH (1992) Aetiology of handball injuries: a case-control study. *Br J Sports Med* 26(3):121-124
20. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunig E (2016) Recovery from a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability. A Prospective Cohort Analysis. *Am J Sports Med* 44(4):995-1003
21. Dupont G, Nedelec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisloff U (2010) Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med* 38(9):1752–1758
22. Dvorak J, Junge A, Grimm K (2009) *F- Marc- Football Medicine Manual*. 2nd Edition. RVA Druck und Medien AG, Altstätten, Schweiz
23. Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L, Rösch D, Hodgson R (2000) Risk factor analysis for injuries in football players. Possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med* 28:69-74
24. Ekstrand J, Walden M, Haqqlund M (2004) A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *Br J Sports Med* 38(4):493–497
25. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II et al (2010) Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res* 24(12):3278–3286
26. Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. (1996) Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal* 95(6):370-374
27. Foster C (1998) Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 30:1164–1168

28. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Haegglund M, McCrory P, Meeuwisse WH (2006) Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Clin J Sport Med* 16(2):97–106
29. Gabbett TJ, Whyte DG, Hartwig TB, Wescombe H, Naughton GA (2014) The relationship between workloads, physical performance, injury and illness in adolescent male football players. *Sports Med* 44:989–1003
30. Gabbett TJ (2010) The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24(10):2593-2603
31. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Randall WD, Dvorak J (2008) A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med* 2008, 36:1476-83
32. Grimm K (2007) Fragen und Antworten zum Frauenfußball. In: Grimm K, Kirkendall D (2007) *Gesundheit und Fitness für Frauenfußballerinnen – Ein Leitfaden für Spielerinnen und Trainer*. Rva Druck und Medien AG, Altstätten, Schweiz
33. Gunnarsson TP, Bendiksen M, Bischoff R et al (2013) Effect of whey protein- and carbohydrate-enriched diet on glycogen resynthesis during the first 48 h after a soccer game. *Scand J Med Sci Sports* 23(4):508–515
34. Häggglund M, Walden M (2016) Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(3):737–746
35. Halson SL (2014) Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med* 44(2):139–147
36. Heath C, Heath D (2008) *Why some ideas survive and others die*. New York: Random House
37. Heinsoo EB, Maestu J (2014) The subjective assessment of training load in the training process of young skiers. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 20:60-69
38. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D (2012) The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review *BMC Medicine* 2012, 10:75
39. Hewett TE, Myer GD (2011) The Mechanistic Connection Between the Trunk, Knee, and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Exerc Sport Sci Rev* 39(4): 161–166

40. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P (2005) Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med* 33:492-501
41. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD (2010) Understanding and preventing ACL injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations – Update 2010. *North Am J Sprts Phys Therapy*, 2010; 5:234-251
42. Hoffmann M, Payne VG (1995) The effects of proprioceptive ankle disc training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* 21:90-3
43. Hopkins WG (1991) Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Med* 12:161–83
44. Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA (2016) The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Br J Sports Med* 50(4):231-236
45. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Douroudos I, Margonis K, Chatzinikolaou A, Kalistratos E, Katrabasas I, Alexiou V, Taxidaris K (2008) Time course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sports Med* 18:428–431
46. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, Renstrom P, Mountjoy M, Aubry M, Dvorak J (2008) Injury surveillance in multi-sports events: the International Olympic Committee approach. *Br J Sports Med* 42(6):413-421
47. Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Michaelsson K, Byberg L (2010) Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch Intern Med* 170:43-9
48. Klügl M, Shrier I, McBain K, Shultz R, Meeuwisse WH, Garza D, Matheson GO (2010) The prevention of sport injury: an analysis of 12.000 published manuscripts. *Clin J Sports Med* 20(6):407–412
49. Kristianslund E, Faul O, Bahr R, Myklebust G, Krosshaug T (2011) Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises *Br J Sports Med* 48(9):779-783
50. Krosshaug T, Slauterbeck JR, Engebretsen L, Bahr R (2006) Biomechanical analysis of anterior cruciate ligament injury mechanisms: three-dimensional motion reconstruction from video sequences. *Scand J Med Sci Sports* 17:508-519
51. Krstrup P, Ortenblad N, Nielsen J et al (2011) Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer

- game. *Eur J Appl Physiol* 111(12):2987–2995
52. Krutsch W, Zeman F, Zellner J et al (2016). Increase in ACL and PCL injuries after implementation of a new professional football league. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(7):2271-9
 53. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK (2011) Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med* 165: 1033-40
 54. Laver L, Myklebust G (2014) Handball injuries: epidemiology and injury characterization. In: Doral MN, Karlsson J (eds) *Sports injuries: prevention, diagnosis, treatment and rehabilitation*. Springer, Berlin, pp 1–27
 55. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM (2007) The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med* 35(10):1756–1769
 56. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. (2005) Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 33:1003–1010
 57. Mayr HO, Zaffagnini S (2016) *Prevention of Injuries and Overuse in Sports. Directory for Physicians, Physiotherapists, Sport Scientists and Coaches*. Heidelberg, Germany: Springer Verlag Berlin Heidelberg
 58. McGuine TA, Brooks A, Hetzel S (2011) The Effect of Lace-up Ankle Braces on Injury Rates in High School Basketball Players. *Am J Sports Med* 39(9):1840-1848
 59. McKeon PO, Hertel J (2008) Systematic Review of Postural Control and Lateral Ankle Instability, Part II: Is Balance Training Clinically Effective? *Journal of Athletic Training* 43(3):305–315
 60. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A (2016) Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players *Eur J Appl Physiol* 116:179-183
 61. Moller M, Attermann J, Myklebust G, Wedderkopp N (2012) Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach. *Br J Sports Med* 46(7):531-537
 62. Moller M, Nielsen RO, Attermann J, Wedderkopp N, Lind M, Sorensen H, Myklebust G (2017) Handball Load and Shoulder injury rate: a 31 week cohort study of 679 elite youth

- handball players. *Br J Sports Med* 51(4):231–237
63. Myklebust G, Skjølberg A, Bahr R. (2013) ACL injury incidence in female handball 10 years after the Norwegian ACL prevention study: important lessons learned. *Br J Sports Med* 47:476-479
 64. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjolberg A, Olsen OE, Bahr R (2003) Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med* 13:71–8
 65. Myklebust G, Maehlum S, Holm I, Bahr R (1998) A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports* 8:149-153
 66. Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med* 42(12):997–1015
 67. Nederhof E, Lemmink K.A.P.M., Visscher C, Meeusen R, Mulder Th(2006) Psychomotor Speed Possibly a New Marker for Overtraining Syndrome. *Sports Med* 2006; 36 (10): 817-828
 68. Nielsen AB, Yde J (1988) An epidemiologic and traumatologic study of injuries in handball. *Int J Sports Med* 9(5): 341–344
 69. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R (2006) Injury pattern in youth team handball: a comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports* 16:426–432
 70. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R (2005) Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330:449
 71. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L (2003) Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:299–304.
 72. Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, Weimann A, Drescher W, Eiling E, Stange R, Fuchs T, Hedderich J, Zantop T (2005) A controlled prospective case-control study of a prevention program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg* 125(9):614-21
 73. Reckling C, Zantop T, Petersen W (2003) Epidemiology of injuries in juvenile handball players. *Sportverletz Sportschaden* 17(3):112–117
 74. Russell M, Sparkes W, Northeast J, Cook CJ, Bracken RM, Kilduff LP (2016). Relationships between match activities and peak power output and Creatine Kinase responses to professional reserve team soccer match-play. *Hum Mov Sci.* 2016 Feb;45:96-101.

75. Saw AE, Main LC, Gastin PB (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med* 50:281–91
76. Smith TO, Postle K, Penny F, McNamara I, Mann CJV (2014) Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment. *Knee* 21(2):462–470
77. Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE (2010) Compliance with comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med* 44(11):787-93
78. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE (2008) Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial *BMJ* 337:a2469
79. Söderman K, Pietil T, Alfredson H, Werner S (2002) Anterior cruciate ligament injuries in young female playing soccer at senior levels. *Scand J Med Sci Sports* 12:65-8
80. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R (2008) Preventing injuries in female youth football-a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 18:605-14
81. Taylor K. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aus Strength Cond* 20:12–23
82. Tegnander A, Olsen OE, Moholdt TT, Engebretsen L, Bahr R (2008) Injuries in Norwegian female elite soccer: a prospective one-season cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(2):194-198
83. Tsubakihara T, Umeda T, Takahashi I, Matsuzaka M, Iwane K, Tanaka M, Matsuda M, Oyamada K, Aruga R, Nakaji S (2013) Effects of soccer matches on neutrophil and lymphocyte functions in female university soccer players. *Luminescence* 28(2):129-35
84. Twist C, Highton J (2013) Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform* 8(5):467-74.
85. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St Pierre P, Taylor DC. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med* 31(6):831-842
86. Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG (1992) Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Medicine* 14(2):82-99
87. van Grinsven S, van Cingel REH, Holla CJM, van Loon CJM (2010) Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:1128
88. VBG- Sportreport – 2016 Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball & Handball (2016). Verwaltungs-

89. Verhagen EA, van Stralen MM, van MW (2010) Behaviour, the key factor for sports injury prevention. *Sports Med* 40:899–906
90. Viru A, Viru M (2000). Nature of training effects. In W. Garrett & D. Kirkendall (Eds.), *Exercise and sport science* (pp. 67 – 95). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Williams.
91. Wallace LK, Slattery KM, Coutts AJ (2009) The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res* 23:33–8
92. Walden M, Hägglund M, Ekstrand J (2006) High risk of new knee injury in elite football players with previous anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med* 40:158-162
93. Walden M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J (2011) Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:11-19
94. Walden M, Hägglund M, Werner J, Ekstrand J (2011) The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:3-10
95. Wedderkopp N, Kalltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, Froberg K (1999) Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 9:41-47
96. Wedderkopp N, Kalltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, Froberg K (1997) Injuries in young female players in European team handball. *Scand J Med Sci Sports* 7(6):342-347
97. Young, WB, and GE Bilby (1993) The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development." *Journal of Strength and Conditioning Research* 7:(3)172-178

Anhang

Übungsblock A

Übungsblock A1

Übung A1.1 Unterarmliegestütz seitlich

Der Spieler stützt sich auf dem Unterarm ab und hebt sein Becken vom Boden, sodass nur Unterarm und Fuss Kontakt zum Boden haben.



Abb. 12 Unterarmliegestütz seitlich

Übung A1.2 Unterarmliegestütz seitlich mit Beckenheben und -senken

Der Spieler stützt sich auf dem Unterarm ab und hebt sein Becken vom Boden, sodass nur Unterarm und Fuss Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition wird das Becken nach oben gehoben und nach unten gesenkt.

Übung A1.3 Unterarmliegestütz seitlich einbeinig

Der Spieler stützt sich auf dem Unterarm ab und hebt sein Becken vom Boden, sodass nur Unterarm und Fuss Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition wird das oben abstützende Bein in die Luft gehoben, zusätzlich kann der freie Arm in die Höhe gestreckt werden.

Übungsvariante A1.3 Unterarmliegestütz seitlich mit Zusatzaufgabe

Der Spieler stützt sich auf dem Unterarm ab und hebt sein Becken vom Boden, sodass nur Unterarm und Fuss Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition wird das oben abstützende

Bein in die Luft gehoben, zusätzlich wird der freie Arm in die Höhe gestreckt. Bein und Ellenbogen werden nun zusammen- und auseinandergeführt.

Übungsblock A2

Übung A2.1 Nordic hamstring

Der Spieler kniet sich mit aufrechtem Oberkörper hin, sein Partner unterstützt ihn und drückt seine Füße auf den Boden. Nach Erreichen der Grundposition lässt sich der Spieler nun langsam kontrolliert aus den Knien nach vorne kippen. In der einfachsten Stufe werden einmal 6-8 Wiederholungen empfohlen.

Übungsalternative A2.1 Sprint bremsen

Der Partner sprintet nach vorne, der arbeitende Spieler hält den Partner von hinten an den Beckenschaufeln und bremst die Sprintgeschwindigkeit.

Übung A2.2 Nordic hamstring

Der Spieler kniet sich mit aufrechtem Oberkörper hin, sein Partner unterstützt ihn und drückt seine Füße auf den Boden. Nach Erreichen der Grundposition lässt sich der Spieler nun langsam kontrolliert aus den Knien nach vorne kippen. In der mittleren Stufe werden zweimal 6-8 Wiederholungen empfohlen.

Übung A2.3 Nordic hamstring

Der Spieler kniet sich mit aufrechtem Oberkörper hin, sein Partner unterstützt ihn und drückt seine Füße auf den Boden. Nach Erreichen der Grundposition lässt sich der Spieler nun langsam kontrolliert aus den Knien nach vorne kippen. In der schwersten Stufe werden dreimal 6-8 Wiederholungen empfohlen.

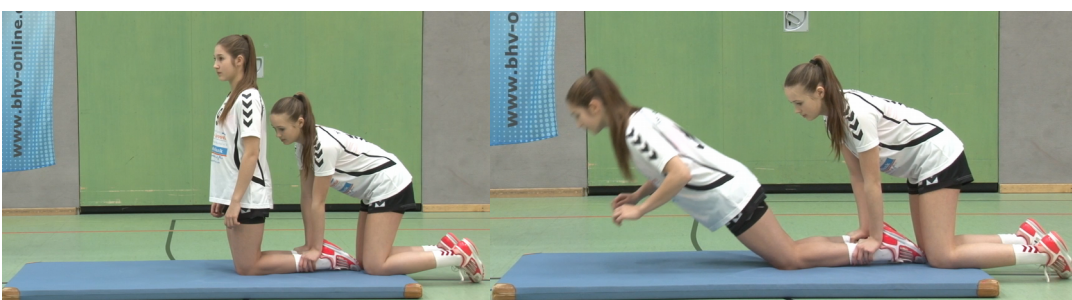


Abb 13. Übung A2 Nordic hamstring

2.5.2.3 Übungsblock A3

Übung A3.1 In Bauchlage Ball übergeben

Der Spieler übergibt den Ball von einer Hand zur anderen Hand über Kopf und hinter Rücken mit gestreckten Armen.



Abb. 14 Übung A3.1 In Bauchlage Ball übergeben

Übung A3.2 Armstützvariation

Der Spieler stützt sich mit leicht gebeugten Ellenbogen im Armstütz. Nach Erreichen der Grundposition neigt der Spieler den Körper so weit wie möglich nach vorne und zu beiden Seiten, und wieder zurück.

Übungsalternative A3.2 Partnerübung: Hände berühren

Im Armstütz dem Partner auf die Hände klopfen und selbst nicht berührt werden



Abb. 15 Übung A3.2 Partnerübung: Hände berühren

Übung A3.3 Armstützvariation mit Ball

Der Spieler stützt sich mit leicht gebeugten Ellenbogen im Armstütz auf einem oder zwei Bällen ab. Nach Erreichen der Grundposition neigt der Spieler den Körper so weit wie möglich nach vorne und zu beiden Seiten, und wieder zurück.

2.5.2.4 Übungsblock A4

Übung A4.1 Partnerübung: Einbeinstanddrücken mit Ball

Die Spieler stehen gegenüber im Einbeinstand und halten einen Ball gemeinsam in je einer Hand. Nach Erreichen der Grundposition versuchen sie sich gegenseitig durch Schieben und Ziehen des Balls aus dem Gleichgewicht zu bringen.



Abb. 16 Übung A4.1 Partnerübung: Einbeinstanddrücken

Übungsvariante A4.1 Partnerübung: Einbeinstanddrücken mit geschlossenen Augen

Die Spieler stehen gegenüber im Einbeinstand mit geschlossenen Augen. Nach Erreichen der Grundposition versuchen sie sich gegenseitig durch leichtes Drücken des Partners am Körper aus dem Gleichgewicht zu bringen

A4.2 Partnerübung Landen nach Stoßen mit Ball in der Luft

Die Spieler stehen sich mit je einem Ball in beiden Händen gegenüber und springen beide gleichzeitig auf Signal in die Luft. Während des Flugs stossen sich die Spieler gegenseitig am Ball des Partners ab und landen beid- oder einbeinig.

Übungsvariante A4.2 Partnerübung: Landen nach Stoßen ohne Ball in der Luft

Die Spieler stehen sich gegenüber und springen beide gleichzeitig auf Signal in die Luft. Während des Flugs stossen sich die Spieler gegenseitig an den Händen ab und landen beid- oder einbeinig.



Abb. 17 Übung A4.2 Partnerübung: Landen nach Stoßen ohne Ball in der Luft

Übungsvariante A4.2 Partnerübung: Landen nach Stoßen mit Schulter in der Luft

Die Spieler stehen sich seitlich gegenüber, springen beide gleichzeitig auf Signal gegen die Schulter des Partners und landen beidbeinig.

Übung A4.3 Sprung - und Landeübung mit Kontakt

Der Spieler führt an der Stelle Vertikalsprünge aus, sein Partner steht hinter ihm und drückt ihm während des Flugs an Becken, Rücken oder Schulter.



Abb. 18 Übung A4.3 Sprung- und Landeübung mit Kontakt

Übungsvariante A4.3 Vertikalsprünge vorwärts und rückwärts mit Kontakt

Der Spieler führt Vorwärts- und Rückwärtssprünge aus, sein Partner steht neben ihm und drückt ihn während des Flugs von der Seite an Becken oder Schulter.



Abb. 19 Übung A4.1 Einbeinstanddrücken mit Ball

2.5.2.5 Übungsblock A5

Übung A5.1 Beidbeinige plyometrische Sprungserien

Der Spieler springt mehrmals in verschiedene Richtungen. Dabei springt er sofort bei Bodenkontakt erneut ohne Verzögerung weiter.

Übung A5.2 Sprunglauf

Der Spieler sprintet mit so wenig Kontakten wie möglich von einer Hallenseite auf die andere, dies entspricht 20m Distanz.



Abb. 20 Übung A5.2 Sprunglauf

Übungsalternative A5.2 Einbeinige Sprungserie mit Pellen

Der Spieler springt einbeinig eine Acht, dabei prellt er gleichzeitig mit dem Ball mit einer Hand.



Abb. 21 Übungsalternative A5.2 Einbeinige Sprungserie mit Pellen

Übung A5.3 Zick-Zack Sprünge

Der Spieler springt abwechselnd mit dem linken und rechten Bein im Zick-Zack-Kurs. Dabei wird der Abstand mit jedem Sprung grösser.

Übungsblock B

B1.1 Unterarmstütz gerade

Der Spieler stützt sich auf den Unterarmen ab und hebt sein Körper vom Boden, sodass nur Unterarme und Füße Kontakt zum Boden haben.

B1.2 Unterarmstütz gerade und ein Bein heben

Der Spieler stützt sich auf den Unterarmen ab und hebt sein Körper vom Boden, sodass nur Unterarme und Füße Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition hebt der Spieler einen Fuß vom Boden.

B1.2 Fehlerbild 1

Das Fehlerbild zeigt eine falsche Ausführung der Übung, da der Spieler nicht genügend Rumpfspannung aufbaut und mit dem Becken zur Seite verkippt. Korrekt wäre es, das Becken gerade zu halten, obwohl ein Bein vom Boden gehoben wird.

B1.2 Variante: Unterarmstütz gerade und eine Hand heben

Der Spieler stützt sich auf den Unterarmen ab und hebt sein Körper vom Boden, sodass nur Unterarme und Füße Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition hebt der Spieler eine Hand vom Boden.



Abb. 22 Übung B1.2 Unterarmstütz gerade und eine Hand heben

B1.2 Fehlerbild 2

Das Fehlerbild zeigt eine falsche Ausführung der Übung, da der Spieler nicht genügend Rumpfspannung aufbaut und mit dem Becken Richtung Boden wandert. Korrekt wäre es, das Becken gerade zu halten, obwohl eine Hand vom Boden gehoben wird.

B1.3 Unterarmstütz gerade und je eine Hand und ein Bein diagonal heben

Der Spieler stützt sich auf den Unterarmen ab und hebt sein Körper vom Boden, sodass nur Unterarme und Füße Kontakt zum Boden haben. Nach Erreichen der Grundposition hebt der Spieler einen Fuß und die davon diagonale Hand vom Boden.

Übung B2

B2.1 Statischer Becken-Seitstütz

Der Spieler legt sich seitlich auf den Boden und hebt beide Arme und Beine vom Boden. Nach Erreichen der Grundposition wird die Stellung für 20 Sekunden gehalten.

Alternative Partnerübung: Partner legt sich mit Bauch auf den Boden, Partner im Stehen versucht ihn gegen den Widerstand des Partners auf den Rücken zu drehen

B2.2 Dynamischer Becken-Seitstütz mit Drehung

Der Spieler legt sich seitlich auf den Boden und hebt beide Arme und Beine vom Boden. Nach Erreichen der Grundposition dreht sich der Spieler über den Bauch auf die andere Seite, ohne dass Arme oder Beine den Boden kontaktieren.

Alternative Partnerübung: Einschwingen

Die Partner stehen sich versetzt gegenüber und laufen mit einer halben Armlänge aneinander vorbei, dabei greifen sie die Beckenschaufel des Partners und stoppen im stabilen Stand den Lauf des Partners. Nach dieser Einschwingphase schleudern sich die Partner durch eine Rumpfrotation zurück in die Ausgangsposition.

B2.3 Dynamischer Becken-Seitstütz mit Drehung mit ein oder zwei Bällen

Der Spieler legt sich seitlich auf den Boden und hebt beide Arme und Beine vom Boden. Nach Erreichen der Grundposition dreht sich der Spieler über den Bauch auf die andere Seite, ohne dass Arme oder Beine den Boden kontaktieren. Während der gesamten Übung hält der Spieler einen Ball mit beiden Händen fest oder klemmt einen Ball zwischen seine Füße ein. Beide Übungerschwerungen können auch gemeinsam angewandt werden.



Abb. 23 Übung B2.3 Dynamischer Becken-Seitstütz mit Drehung mit einem Ball

Alternative: Handstand-Abrollen

Der Spieler springt in den Handstand, stützt sich jedoch nicht ab, sondern rollt sich in einer flüssigen Bewegung über den Bauch ab und springt in die Hocke. Danach richtet er sich auf um erneut in der Ausgangsposition zu stehen.



Abb. 24 Übung B2.3 Handstand-Abrollen

Übung B3

B3.1 Exzentrische Aussenrotation der dominanten Schulter 1x 6-8 Wiederholungen

Der Partner fasst den Ellenbogen der dominanten Schulter des Spielers mit einer Hand und den Unterarm mit der anderen Hand. Hierbei wird die Schulter in 90° Abduktion im Glenohumeralgelenk und der Ellenbogen in 90° Flexion gehalten. Nach Erreichen der Grundposition drückt der Partner die Unterarm von 90° Aussenrotation auf 10° Innenrotation während der Spieler im hierbei Widerstand gibt. Nach Ende der Übung wird erneut die Grundposition eingenommen. In der einfachsten Stufe werden einmal 6-8 Wiederholungen empfohlen.

B3.2 Exzentrische Aussenrotation der dominanten Schulter 2x 6-8 Wiederholungen

Der Partner fasst den Ellenbogen der dominanten Schulter des Spielers mit einer Hand und den Unterarm mit der anderen Hand. Hierbei wird die Schulter in 90° Abduktion im Glenohumeralgelenk und der Ellenbogen in 90° Flexion gehalten. Nach Erreichen der Grundposition drückt der Partner die Unterarm von 90° Aussenrotation auf 10° Innenrotation während der Spieler im hierbei Widerstand gibt. Nach Ende der Übung wird erneut die Grundposition eingenommen. In der mittleren Stufe werden zweimal 6-8 Wiederholungen empfohlen.

B3.3 Exzentrische Aussenrotation der dominanten Schulter 3x 6-8 Wiederholungen

Der Partner fasst den Ellenbogen der dominanten Schulter des Spielers mit einer Hand und den Unterarm mit der anderen Hand. Hierbei wird die Schulter in 90° Abduktion im Glenohumeralgelenk und der Ellenbogen in 90° Flexion gehalten. Nach Erreichen der Grundposition drückt der Partner die Unterarm von 90° Aussenrotation auf 10° Innenrotation während der Spieler im hierbei Widerstand gibt. Nach Ende der Übung wird erneut die Grundposition eingenommen. In der schwersten Stufe werden dreimal 6-8 Wiederholungen

empfohlen.

Alternative: Rückwärtswurf aus Aussenrotation

Der Spieler stellt sich in der gleichen Ausgangsposition wie oben beschrieben mit Ball in der Hand ohne Partner mit dem Rücken zur Wand. Nach Erreichen der Grundposition wirft er den Ball aus einer reinen Aussenrotation im Glenohumeralgelenk gegen die Wand.



Abb. 25 Übung B3 Exzentrische Aussenrotation der dominanten Schulter

Übung B4

B4.1 Aktiver Einbeinstand mit Zusatzaufgaben

Der Spieler steht einbeinig mit ca. 5-15° flexiertem Knie und führt Zusatzaufgaben durch. Die Aufgaben beinhalten Vor- und Zurückführen des freien Beins, Rotieren des Balls über und unter dem freien Bein, Wechseln zwischen Standwaage und aufrechtem Oberkörper, Jonglieren des Balls mit freiem Knie und zwei Fäusten.



Abb. 25 Übung B4.1 Einbeinstand mit Zusatzaufgabe Standwaage



Abb. 26 Übung B4.1 Einbeinstand mit Zusatzaufgabe Ball jonglieren

Partnerübung: Im aktiven Einbeinstand gute und schlechte Pässe zum Partner spielen

Als Partnerübung können sich zwei Spieler gegenüber stellen und sich gegenseitig einen Ball zuspielen, den sie einhändig fangen müssen. Die Pässe können zuerst gute Qualität haben, das bedeutet, dass der Ball auf Schulterhöhe angenommen werden kann, und im Verlauf schlechter werden.

B4.2 Aktiver Stand mit Zusatzaufgaben

Der Spieler steht einbeinig mit ca. 5-15° flexiertem Knie und führt Zusatzaufgaben durch. Die Aufgaben beinhalten einen Handballwurf mit der dominanten Schulter fintieren oder den Ball um das Standbein mit den Händen rollen.

Alternative Partnerübung: Einbeinige hohe Kniebeuge mit Unterstützung des Partners

Die Spieler stehen nebeneinander einbeinig im aktiven Stand und legen den partnernahen Arm auf die Schulter des Partners. Nach Erreichen der Grundposition führen beide Spieler gleichzeitig eine Viertel-Kniebeuge aus.

B4.3 Aktiver Stand auf dem Vorfuß mit Zusatzaufgaben

Alle oben genannten Aufgaben des Übungsblocks B4 können anstatt auf dem gesamten Fuss nur auf dem Vorfuss ausgeführt werden.

Übung B5

B5.1 Sprung- und Landekombination

Zwei Sprünge einbeinig nach vorne, ein Sprung seitlich in hohem Bogen und aktiv landen

Alternative: Schlittschuläufer

Einbeiniger Sprung zur Seite und direkt zurück mit anderem Bein in die aktive Landung

B5.2 Sprung- und Landeserien mit Zusatzaufgaben

Hoher Sprung mit Viertel- oder halber Drehung in die aktive Landung

Schlittschuhläufer mit Passfinte bei Landung

Variante: Einbeinig dem Partner umschubsen, Bewegung durch Hopser erlaubt

B5.3 Sprung- und Landeserien mit Zusatzaufgaben

Alle Aufgaben mit geschlossenen Augen zu verschiedenen Zeitpunkten

Technikübungen

Stufe 1 Einbeiniger Haken ohne Ball

Der Spieler führt an einer vorgegebenen Stelle eine Finte durch. Hierbei tritt er mit dem äusseren Fuss auf und drückt sich sofort anschliessend in die andere Richtung ab.



Abb. 27 Technikübung Finte Stufe 1 Einbeiniger Haken ohne Ball



Abb. 28 Technikübung Stufe 1 Einbeiniger Haken ohne Ball – Fehlerbild. Das Fehlervideo zeigt eine Spielerin, die bei der einbeinigen Finte den Fuss zu weit weg von der Körpermitte setzt und den Körperschwerpunkt hinter dem Knie hat.

Stufe 2 Einbeiniger Haken mit Ball



Abb. 29 Technikübung Finte Stufe 2 Einbeiniger Haken mit Ball

Stufe 3 Einbeiniger Haken mit Ball und Gegenspieler

Stufe 4 Haken nach Nullschritt mit Ball



Abb. 30 Technikübung Finte Stufe 4 Haken nach Nullschritt mit Ball

Stufe 5 Haken nach Nullschritt mit Ball und Gegenspieler

Abb. 31 Technikübung Finte Stufe 5 Haken nach Nullschritt mit Gegenspieler

Stufe 1 Beidbeinsprünge in alle Richtungen

Der Spieler springt beidbeinig vorwärts, diagonal rückwärts, erneut vorwärts und diagonal rückwärts in die Ausgangsposition. Der Ablauf der Sprünge ist variabel veränderbar.



Abb. 32 Technikübung Landung Stufe 1 Beinbeinsprünge vorwärts

Stufe 2 Sprungpässe von Langbank

Der Spieler führt einen Sprungwurf von einer Langbank aus und landet anschliessend mit einer aktiven, beidbeinigen Landung.



Abb. 33 Technikübung Landung Stufe 2 Sprungpässe von Langbank

Stufe 3 Sprungpässe

Der Spieler führt einen Sprungwurf aus und landet anschliessend mit einer aktiven, beidbeinigen Landung.

Stufe 4 Sprungpässe mit Kontakt

Der Spieler führt einen Sprungwurf aus und landet anschliessend mit einer aktiven, beidbeinigen Landung. Sein Partner steht neben ihm und drückt ihn während des Flugs von der Seite an Becken oder Schulter.



Abb. 34 Technik Landung Stufe 4 Sprungpässe mit Kontakt

Stufe 5 Sprungpässe mit starkem Kontakt

Der Spieler führt einen Sprungwurf aus und landet anschliessend mit einer aktiven, beidbeinigen Landung. Sein Partner steht neben ihm und drückt ihn während des Flugs von der Seite an Becken oder Schulter. Der Spieler wird in eine Entscheidung gezwungen, ob er beidbeinig landet oder sich abrollt oder abrutscht.

Technikübung - Vorwärts abrutschen

Stufe 1 Abfangen aus dem Kniestand

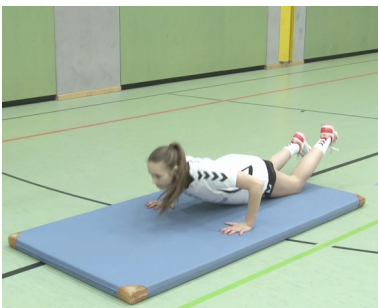
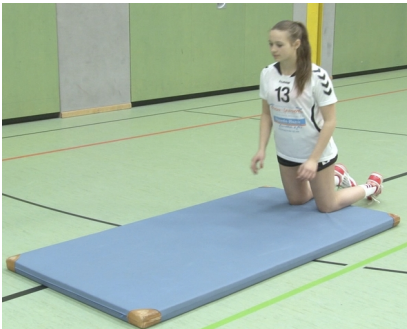


Abb. 35 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 1 Abfangen aus dem Kniestand

Stufe 2 Fallwurf aus dem Kniestand

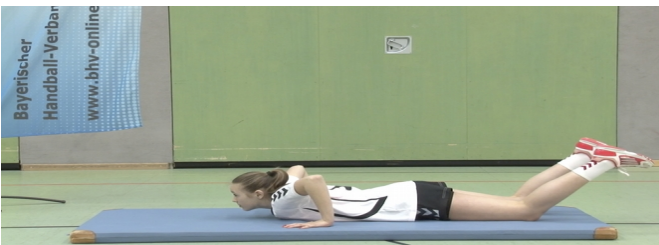
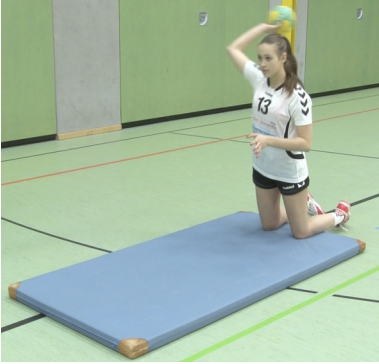


Abb. 36 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 2 Fallwurf aus dem Kniestand

Stufe 3 Abrutschen aus dem Lauf





Abb. 37 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 3 Abrutschen aus dem Lauf

Stufe 4 Abrutschen aus dem Sprung



Abb. 38 Technik Vorwärts abrutschen Stufe 4 Abrutschen aus dem Sprung

Technikübung - Rückwärts abrollen

Stufe 1 Rückenschaukel ohne Handeinsatz

Der Spieler sitzt mit dem Rücken zur Turnmatte. Nach Erreichen der Grundposition rollt er sich über einen runden Rücken auf seine Schultern, sodass sein Gesäss vom Boden hebt, anschliessend rollt er in die Grundposition.

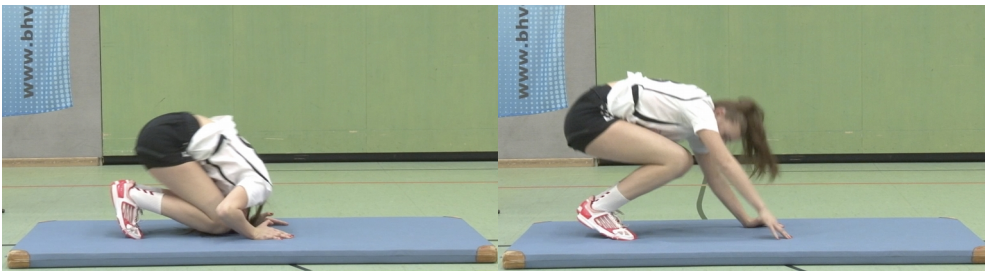
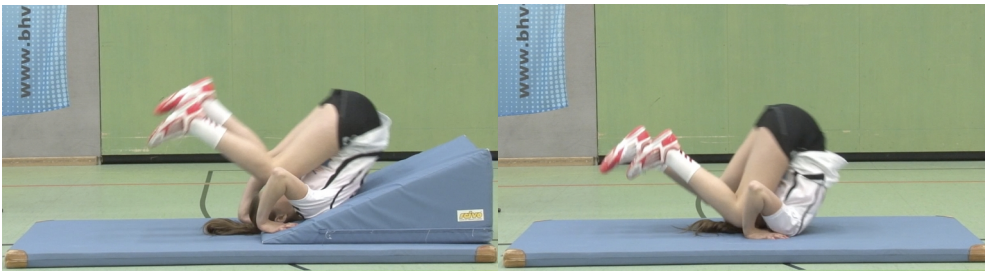
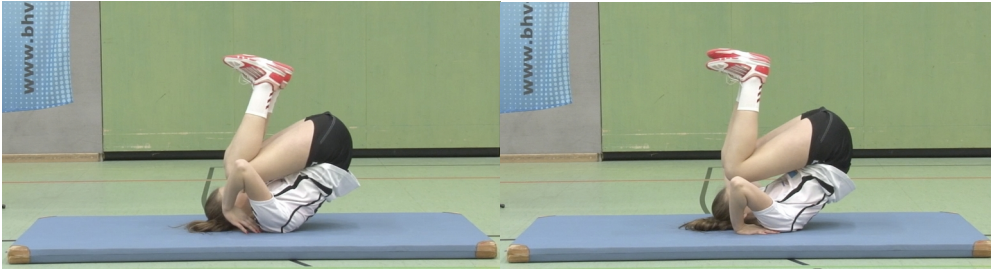


Abb. 39 Technik Rückwärts Abrollen Stufe 1 Rückenschaukel b ohne Handeinsatz c mit passivem Handeinsatz d mit aktivem Handeinsatz e Rückwärtsrolle auf schräger Ebene f-h Rückwärtsrolle auf Turnmatte g Judorolle über ausgestrecktem Arm

Stufe 2 Rückenschaukel mit passivem Handeinsatz

Der Spieler sitzt mit dem Rücken zur Turnmatte. Nach Erreichen der Grundposition rollt er sich über einen runden Rücken auf seine Schultern, sodass sein Gesäss vom Boden hebt, hierbei deutet er einen aktiven Handeinsatz durch Heranführen der Arme an. Anschliessend rollt er in die Grundposition.

Stufe 3 Rückenschaukel mit aktivem Handeinsatz

Der Spieler sitzt mit dem Rücken zur Turnmatte. Nach Erreichen der Grundposition rollt er sich über einen runden Rücken auf seine Schultern, sodass sein Gesäss vom Boden hebt, hierbei drückt er durch aktiven Handeinsatz die Hände nah an den Schultern in den Boden. Anschliessend rollt er in die Grundposition.

Stufe 4 Turnrolle rückwärts auf schräger Ebene

Der Spieler führt eine Turnrolle rückwärts auf schräger Ebene durch.

Stufe 5 Turnrolle rückwärts

Der Spieler führt eine Turnrolle rückwärts auf einer Turnmatte durch.

Variante: Judorolle

Als Variante kann der Spieler eine Judorolle ausführen. Hierbei führt er beide Beine und das Becken über einen ausgestreckten Arm seiner Wahl.

Danksagung

Ich möchte meinem größten Dank meinem mehrjährigen Betreuer und Freund, Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Hans Werner Krutsch aussprechen. Unsere gemeinsame Faszination und Leidenschaft für die Mannschaftssportarten Handball und Fußball ermöglichte die wunderbare Kooperation und Zusammenarbeit im FIFA Medical Centre of Excellence Regensburg und auf wissenschaftlicher klinischer und lehrstätiger Ebene. Beim Verfassen von dieser Arbeit und weiteren wissenschaftlichen Originalarbeiten stand er mir als Mentor stets mit Rat und Tat zur Seite und opferte viele Stunden seiner Freizeit. Ich genoss unter ihm eine vielfältige und freundschaftliche Ausbildung auf höchstem wissenschaftlichem Niveau.

Ebenso möchte ich mich bei meinen trainierten Handballmannschaften in Ebersberg und Regensburg bedanken bei denen ich Übungen ausprobieren und verfeinern konnte. Ich danke dem Bayerischen Handball Verband für die Unterstützung beim Dreh der Übungen und Erstellung der DVD.

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern Dr. med. Heinrich Emil Kurt Achenbach und Britta Schäfer Achenbach und meinem Bruder Philip Achenbach.