

Abschlussbericht zum Vorhaben

„OSG-Akuttrauma & Rehabilitation (OS-GAR II) –

Effektivität einer sensomotorischen Trainingsintervention auf die OSG-Funktion nach primärer Akutdistorsion des oberen Sprunggelenkes unter Berücksichtigung funktionsdiagnostischer Parameter“
(FF-FR 0329)

Laufzeit

01.11.2021 – 30.11.2025

Bericht vom 10.02.2026

*Dr. rer. medic. Janina Tennler
Dr. Sportwiss. Christian Raeder
Dr. rer. medic. Arthur Praetorius
Dr. rer. nat. Tobias Ohmann
Dr. med. Christian Schoepp*

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung deutsch

Kurzfassung englisch

1. Problemstellung

2. Forschungszweck/-ziel

3. Methodik

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

8. Anhang/Anhänge

Kurzfassung deutsch

Ziele: Akute Distorsionen des oberen Sprunggelenks (OSG) mit Läsion des lateralen Bandapparats zählen zu den häufigsten Verletzungen in Alltag und Sport und gehen mit hohen Rezidivraten sowie dem Risiko einer chronischen OSG-Instabilität einher. Ein wesentlicher Grund sind fehlende objektive, frühe Funktionsdiagnostik und eine häufig unzureichend strukturierte Rehabilitation. Ziel des Projekts OSGAR II war es daher, (1) ein valide(s) Diagnostikinventar zur sensitiven Messung einer funktionellen OSG-Instabilität kurz nach primärer OSG-Akutdistorsion zu entwickeln (OSGAR-2.1) und (2) die Wirksamkeit einer multimodalen sensomotorischen Trainingsintervention (SMART) im Vergleich zur Standardtherapie (NORMT) auf die OSG-Funktion kurz- und langfristig zu evaluieren (OSGAR-2.2).

Aktivitäten/Methoden: Das Vorhaben wurde als prospektive, monozentrische Studie mit zwei aufeinander aufbauenden Modulen durchgeführt: **1. OSGAR II.1 (Diagnostik):** kontrolliertes Querschnittsdesign mit matched-pair Vergleich zwischen verletzten Teilnehmenden (INJURED; n=36) und gesunden Kontrollen (CONTROL; n=36). Aus einer multidimensionalen Testbatterie (Psychometrie, Beweglichkeit, Gang/Lauf, posturale Kontrolle, Kraft, Sprung/Landestrategie) wurden pro Domäne die trennschärfsten Parameter selektiert. Cut-offs wurden mittels ROC-Analysen und Youden-Index bestimmt. **2. OSGAR II.2 (Training):** randomisierte kontrollierte Längsschnittstudie mit 6- und 12-Monats-Follow-up. Patient:innen mit primärer OSG-Akutdistorsion erhielten 1–2 Wochen nach Trauma ein MRT zur Klassifikation der Bandverletzung (Einschluss: signifikante Läsion/Ruptur mind. eines lateralen Bandelements; Ausschluss u. a. Frakturen, Syndesmose-/Knorpelläsionen). Randomisierung in SMART (6-wöchiges, progressives, multimodales sensomotorisches Training ab Woche 2–3; supervisierte und Eigenübungsanteile; niedrigschwellig ohne kostenintensives Equipment) vs. NORMT (bedarfsangepasste physiotherapeutische Maßnahmen). Primäre Outcomes: CAIT und FAAM (T1 prä, T2 post; Follow-ups T3=6 Monate, T4=12 Monate). Statistik: RM-ANOVA, Post-hoc mit Bonferroni.

Ergebnisse: OSGAR II.1: Es wurde ein Diagnostikinventar mit praktikablen Cut-offs zur frühen Erkennung funktioneller Instabilität entwickelt. Zentrale Schwellenwerte: CAIT <26, FAAM-Sport <86, reduzierte passive Plantarflexion (<44°) bzw. Gesamt-ROM (<72°), auffällige posturale Kontrolle (SEBT-Composite <92,81), reduzierte konzentrische Plantarflexionskraft (<2,24 Nm/kg) sowie veränderte Sprung-/Landungsparameter (Drop-Jump Kontaktzeit >0,23 s) und gangbezogene Parameter.

OSGAR II.2: Beide Gruppen verbesserten sich über die Zeit deutlich. Für den CAIT zeigte sich neben einem starken Zeiteffekt auch ein signifikanter Zeit×Gruppe-Interaktionseffekt zugunsten von SMART: Die SMART-Gruppe erreichte klinisch unauffällige Bereiche früher (im Mittel bereits ab T2) als NORMT (im Mittel ab T3). Auch beim FAAM-Sport zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt mit steilerem Anstieg unter SMART. Ein Jahr nach dem Erstereignis berichteten 38% mindestens eine erneute OSG-Distorsion (SMART n=12; NORMT n= 16); anhand definierter Cut-offs lagen 9% der Gesamtstichprobe im Bereich einer chronischen Instabilität, überwiegend in der NORMT-Gruppe (SMART n=1; NORMT n=5).

Relevanz/Verwertbarkeit für Unfallversicherungsträger und Praxis:

Früherkennung: Das Diagnostikinventar ermöglicht frühes Screening (2–3 Wochen) und eine defizitbasierte Steuerung der Rehabilitation – mit Potenzial zur Senkung von Rezidiven und Chronifizierung.

Versorgungslücke schließen: SMART bietet ein strukturiertes, niedrigschwellig implementierbares Rehabilitationskonzept (Broschüre/PDF, QR-Codes/Videos, Heimtraining, wenig Material) und kann in Behandlungsabläufe integriert werden.

Ökonomischer Nutzen: Durch frühere funktionelle Wiederherstellung und mögliche Reduktion chronischer Verläufe sind Folgekosten (Arbeitsunfähigkeit, Re-Verletzungen, Langzeitbeschwerden) potenziell reduzierbar.

Kurzfassung englisch

Objectives: Acute lateral ankle sprains with structural damage to the lateral ligament complex are among the most common injuries in sports and everyday life and are associated with high recurrence rates and a substantial risk of chronic ankle instability. Insufficient early objective functional assessment and the lack of structured, function-based rehabilitation are considered major contributors. The OSGAR II project aimed (1) to develop a valid and sensitive diagnostic inventory to detect functional ankle instability shortly after a primary acute lateral ankle sprain (OSGAR II.1) and (2) to evaluate the short- and long-term effectiveness of a multimodal sensorimotor training program (SMART) compared with standard-care (NORMT) (OSGAR II.2).

Activities/Methods: This was a prospective, single-center study with two consecutive modules:

OSGAR II.1 (Diagnostics): controlled cross-sectional design using matched pairs comparing injured participants (INJURED; n=36) with healthy controls (CONTROL; n=36). From a multidimensional test battery (patient-reported outcomes, range of motion, gait/running, postural control, strength, jump/landing), the most discriminative parameter per domain was selected. Cut-offs were determined using ROC curves and the Youden index.

OSGAR II.2 (Training): randomized controlled longitudinal trial with 6- and 12-month follow-up. Individuals with a primary acute lateral ankle sprain underwent MRI 1–2 weeks post-injury to classify ligament severity and confirm eligibility (inclusion: significant lesion/rupture of ≥ 1 lateral ligament; exclusion: fractures, syndesmotic injury, osteochondral lesions, etc.). Participants were randomized to SMART (6-week progressive multimodal sensorimotor program starting 2–3 weeks after injury; supervised + home-based sessions; low-cost equipment) or NORMT (symptom-based physiotherapy/standard-care). Primary outcomes were CAIT and FAAM assessed at baseline (T1), post-intervention (T2), 6 months (T3), and 12 months (T4). Statistics: repeated-measures ANOVA with post-hoc tests (Bonferroni corrected).

Key Results: OSGAR II.1: A practical diagnostic inventory with domain-specific cut-offs was established for early identification of functional instability. Key thresholds included CAIT < 26 , FAAM-Sport < 86 , reduced passive plantarflexion ($< 44^\circ$) and total passive ROM ($< 72^\circ$), impaired postural control (SEBT composite < 92.81), reduced concentric plantarflexion strength (< 2.24 Nm/kg), altered jump/landing performance (drop-jump contact time > 0.23 s), and gait-related indicators.

OSGAR II.2: Both groups improved substantially over time. For CAIT, a significant time \times group interaction favored SMART, indicating faster recovery to clinically unremarkable levels in the SMART group (on average from T2) compared with NORMT (on average from T3). FAAM-Sport also showed a significant interaction with a steeper improvement in SMART. Over 12 months, 38% reported at least one recurrent sprain (SMART n=12; NORMT n=16); 9% met criteria consistent with chronic instability, predominantly in the NORMT group (SMART n=1; NORMT n=5).

Relevance and usability for statutory accident insurance and practice: The diagnostic inventory supports early screening (2–3 weeks) and deficit-guided rehabilitation planning.

SMART provides a structured, low-threshold program (handout/PDF, QR-coded videos, home training, minimal equipment) that is feasible for routine implementation.

Earlier functional recovery and potential reductions in recurrence/chronicity may help lower long-term costs (time off work, repeated injuries, persistent symptoms).

1. Problemstellung

Die akute Distorsion des oberen Sprunggelenks (OSG) mit signifikanter struktureller Läsion des lateralen Bandapparats zählt zu den häufigsten Verletzungen bei alltäglichen und sportlichen Aktivitäten (Vuurberg, Hoorntje et al. 2018). So ereignet sich in den westlichen Staaten täglich etwa eine OSG-Distorsion pro 10.000 Einwohner, während im Sport von deutlich höheren Inzidenzen berichtet wird (Polzer, Kanz et al. 2012). Bis zu 70% der Allgemeinbevölkerung geben sogar an, mindestens eine Sprunggelenksverletzung in ihrer Lebenszeit erlitten zu haben (Hiller, Nightingale et al. 2012). Die soziökonomischen Kosten dieser Verletzung sind hoch, vor allem bei rezidivierenden Distorsionsereignissen (Vuurberg, Hoorntje et al. 2018). Wiederholte OSG-Distorsionstraumata sind mit etwa 28% die häufigste Form der Rezidivverletzung der unteren Extremität (Gribble, Bleakley et al. 2016) und Betroffene leiden unter einem zwei- bis fünffach erhöhten Rezidivrisiko nach primärer OSG-Distorsion (Ergen and Ulkar 2008, Delahunt, Bleakley et al. 2018). In Hochrisikosportarten werden sogar rekurrente OSG-Distorsionen von über 70% beschrieben (Hertel 2002, Gribble, Delahunt et al. 2013).

Die hohen Rezidivraten werden vornehmlich auf eine **inadäquate Therapie bzw. Rehabilitation und/oder verfrühte Rückkehr zu intensiven Arbeits- und Sportaktivitäten** zurückgeführt (Delahunt, Bleakley et al. 2018). Entsprechend können die Langzeitergebnisse nach akuter OSG-Distorsion als nicht zufriedenstellend bzw. teils frustriert angesehen werden, da bis zu 70% der Individuen von persistierenden Symptomen und rezidivierenden Verletzungen berichten (Anandacoomarasamy and Barnsley 2005, Doherty, Bleakley et al. 2017). Etwa 20 bis 40% der Betroffenen entwickeln in der Folge eine **chronische OSG-Instabilität**, charakterisiert durch ein Kontinuum aus mechanischer und/oder funktioneller Instabilität, welches sich in subjektiver Instabilität, erneuten Distorsionsereignissen sowie eingeschränkter Funktion und typischen Belastungsschmerzen manifestiert (Donovan and Hertel 2012, Attenborough, Hiller et al. 2014). Eigene - als Vorarbeit zu diesem Projektantrag anzusehende - Untersuchungen am BG Klinikum Duisburg zeigen ähnliche chronische OSG-Instabilitätsraten, die mit der aktuellen Literatur übereinstimmen. Diese empirischen Befunde wurden zuvor im Rahmen einer retrospektiven Datenbankanalyse (Kurztitel "OSGAR-1") im Zeitraum von 2015 bis 2018 bei Patienten mit Verletzung des lateralen OSG-Bandapparats erfasst.

Bei akuter OSG-Distorsion umfasst derzeit die klinische Untersuchung die Anamnese des Unfallmechanismus, die Inspektion und Palpation der OSG-Region sowie die klinische Prüfung der mechanischen Instabilität des OSG-Apparats mittels Anterior Drawer Test und Talar Tilt Test. Letztere dienen als indirekte Indikatoren einer lateralen Bandruptur, sind jedoch bei negativem Befund nicht ausreichend zuverlässig. Zudem wird weitgehend routinemäßig eine Röntgendiagnostik zum Ausschluss von Frakturen und osteochondralen Defekten durchgeführt. Eine ergänzende MRT-Diagnostik erfolgt in der Regel nur bei ausgeprägtem klinischem Befund und anhaltenden Belastungsschmerzen innerhalb der ersten 2-4 Wochen nach Trauma. Somit erfolgt **standardmäßig keine objektive MRT-basierte Graduierung der OSG-Bandverletzung**, obwohl je nach Schweregrad der Verletzung unterschiedliche physio- und trainingstherapeutische Behandlungsmaßnahmen hinsichtlich Dauer und Umfang erforderlich sind. Zudem besteht derzeit Unkenntnis darüber, ob ein Zusammenhang zwischen der initialen Verletzungsschwere des OSG-Bandapparats und der chronischen OSG-Instabilitätsrate besteht, d.h. ob vor allem diejenigen Individuen langfristig unter persistierenden und chronischen Belastungssymptomen leiden, die eine höhergradige Primärverletzung des OSG-Bandapparats erlitten haben.

Eine objektive Evaluation der OSG-Funktion mittels biomechanischer Messmethoden (z. B. instrumentierte Ganganalyse) wird bisher kaum angewendet. Dies ist allerdings für eine optimale klinische Beurteilung zwingend erforderlich und wird demnach von internationalen Konsortien dringend empfohlen (Delahunt, Bleakley et al. 2018). Die OSG-Distorsion wird häufig immer noch als Bagatelverletzung angesehen, die mit minimaler Behandlung voll funktionsfähig ausheilt (Gribble, Bleakley et al. 2016). Die potentiell negativen Langzeiteffekte der mechanischen und sensomotorischen Beeinträchtigungen nach akuter OSG-Distorsion werden im Rahmen der klinischen Praxis daher oftmals nicht hinreichend berücksichtigt (Delahunt, Bleakley et al. 2018). Typische Funktionsmerkmale einer chronischen OSG-Instabilität beinhalten dabei vor allem erhebliche Einschränkungen im Bereich der Beweglichkeit, Kraft

und Haltungskontrolle sowie funktioneller Bewegungsaufgaben (Donovan and Hertel 2012). Zur Verringerung der hohen Rezidivrate und insbesondere chronischen OSG-Instabilität ist demzufolge eine ergänzende differenzierte Funktionsdiagnostik ca. in den ersten 1-2 Wochen nach OSG-Akutdistorsion zielführend, um möglichst frühzeitig sensomotorische Defizite des OSG-Apparats diagnostizieren (Delahunt, Bleakley et al. 2018) und trainingstherapeutisch adäquat adressieren zu können (Vuurberg, Hoorntje et al. 2018). Die diagnostische Effektivität möglicher Funktionsparameter zur Darstellung einer OSG-Instabilität ist gegenwärtig jedoch nicht eindeutig untersucht und erfordert weitere Forschungsbemühungen. Zudem erfolgt **standardmäßig keine systematische Trainingstherapie, welche die sensomotorischen Funktionsdefizite des OSG-Apparats und die individuellen Bewegungseinschränkungen vollumfänglich adressiert**. Gegenwärtig wird somit kein strukturiertes funktionelles Rehabilitationskonzept zur konservativen Nachbehandlung einer akuten OSG-Distorsion eingesetzt. Betroffene erhalten lediglich kurzfristig physiotherapeutische Maßnahmen mit bedarfsangepasster Orthesenversorgung (Best, Brüggemann et al. 2011). Diese mangelnde Restoration der OSG-Funktion steigert erheblich das Re-Verletzungsrisiko und trägt wahrscheinlich zur Ausbildung chronischer Symptome bei. Zu diesem Schluss kommen ebenso Miklovic und Kollegen (2018) im Rahmen eines aktuellen Reviews und empfehlen daher eine zielgerichtete Rehabilitation unmittelbar nach akuter OSG-Distorsion, um möglichst frühzeitig einer Chronifizierung entgegenwirken zu können. Die Trainingsinhalte sollten sich dabei vorrangig an den chronischen Funktionsdefiziten im Bereich der Kraft, Beweglichkeit und Haltungskontrolle sowie funktioneller Bewegungsmuster orientieren. Dies stellte sich als eine effektive Rehabilitationsstrategie bei Individuen mit chronischer OSG-Instabilität heraus. Es ist anzunehmen bzw. zu erwarten, dass jene Bewegungseinschränkungen in ähnlicher Form nach akuten OSG-Distorsionen vorherrschen (Miklovic, Donovan et al. 2018). Ein derartiges multimodales und auf funktionellen Beeinträchtigungen basierendes Rehabilitationsschema zur Behandlung einer akuten OSG-Distorsion wurde bisher nicht im Rahmen von prospektiven Studienansätzen evaluiert.

2. Forschungszweck/-ziel

Das vorliegende Forschungsvorhaben zielt auf die Verbesserung aktueller Therapiemaßnahmen nach akuter OSG-Distorsion ab, indem einerseits adäquate Parameter für eine valide Diagnostik der funktionellen OSG-Instabilität identifiziert werden (OSGAR II.1) und andererseits die Wirksamkeit einer sensomotorischen Trainingsintervention auf die OSG-Funktion evaluiert wird (OSGAR II.2). Das Trainingsprogramm umfasst verschiedene Schwierigkeitsstufen und Zielfunktionen auf multidimensionaler Ebene (v. a. Kraft, Beweglichkeit, posturale Kontrolle, funktionelle Bewegungsmuster) und ermöglicht somit einen differenzierten Einstieg des Patienten auf seiner individuellen Könnens- und Leistungsstufe. Die begleitende Diagnostik erlaubt zudem eine gezielte individuelle Steuerung der Rehabilitationsinhalte basierend auf den objektiven Funktionsdefiziten des Patienten. Das Training findet dabei teils in supervisierten Einheiten und teils im Rahmen eines Eigenübungsprogramms statt. Hierfür wird kein besonderes oder kostenintensives Equipment benötigt. Der Patient wird zudem dazu angehalten, die für ihn passenden Übungen auch über den Interventionszeitraum hinaus zu sekundärpräventiven Zwecken durchzuführen. Zur Gewährleistung eines robusten methodischen Ansatzes, werden nur Patienten mit primärer OSG-Akutdistorsion eingeschlossen, da jene den initialen Nährboden für chronische Belastungssymptome bilden. Demgemäß adressiert ein Teilziel der Studie, inwieweit frühzeitige sensomotorische Trainingsreize die langfristige Ausprägung einer chronischen OSG-Instabilität reduzieren kann. Zudem können möglicherweise funktionsdiagnostische Indikatoren bzw. Parameterkonstellationen einer chronischen OSG-Instabilität erfasst werden (OSGAR II.2).

Die medizinische Rationale des gesamten Forschungsprojekts beinhaltet die **Ableitung evidenzgestützter Handlungsleitlinien zur Optimierung gegenwärtiger Behandlungsstrategien nach primärer OSG-Akutdistorsion**. Der forschungsmethodische Zugang zu diesem Gegenstandsbereich basiert dabei auf einer zweistufigen Modulstruktur (OSGAR II.1 und OSGAR II.2), die inhaltlich und analytisch aufeinander aufbaut. Beide Untersuchungsmodule umfassen dabei einen in sich geschlossenen methodischen Ansatz mit separaten Fragestellungen. Folgende Zielstellungen werden im Rahmen des Forschungsprojekts adressiert:

1. Entwicklung eines effektiven Diagnostikinventars zur validen und sensitiven Messung einer funktionellen OSG-Instabilität nach primärer OSG-Akutdistorsion (OSGAR II.1)
2. Evaluation der kurz- und langfristigen Effektivität einer multimodalen sensomotorischen Trainingsintervention auf die OSG-Funktion nach primärer OSG-Akutdistorsion sowie im 6- bis 12-monatigen Follow-Up (OSGAR II.2)

Identifikation von funktionellen Indikatoren einer chronischen OSG-Instabilität im 6- bis 12-monatigem Follow-Up nach primärer OSG-Akutdistorsion (OSGAR II.2)

3. Methodik

3.1 Studiendesign

Das gesamte Forschungsvorhaben wird als prospektive monozentrische Studie durchgeführt. Die Studie umfasst zwei aufeinander aufbauende Untersuchungsarme, OSGAR II.1 und OSGAR II.2, die einen eigenen methodischen Ansatz mit separaten Zielstellungen aufweisen. OSGAR II.1 erfolgt im Rahmen eines kontrollierten Querschnittsdesigns. Diesbezüglich durchläuft vor Interventionsbeginn ein asymptomatisches Kontrollkollektiv (CONTROL; n=40) die studienübergreifende Testbatterie. CONTROL fungiert als valides Außenkriterium zur sensitiven Diagnostik einer funktionellen OSG-Instabilität. Für OSGAR II.2 wird eine randomisierte kontrollierte Längsschnittstudie mit 6- und 12-monatigem Follow-up durchgeführt. Ziel ist die Überprüfung der Wirksamkeit einer multimodalen sensomotorischen Trainingsintervention (Smart Treatment, SMART) gegenüber einer Standardtherapie (Normal Treatment, NORMT) auf die OSG-Funktion. Unmittelbar vor und nach der Interventionsphase erfolgt eine umfangreiche Eingangsdiagnostik (T1) und Abschlussdiagnostik (T2). Diese besteht zum einen aus einer subjektiven Bewertung der OSG-Funktion per Fragebogen durch das Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) und dem Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). Zum anderen beinhaltet die Testbatterie eine objektive Evaluation des OSG-Apparats mittels biomechanischer Funktionsparameter. Hierzu zählen eine Diagnostik der isokinetischen Kraft (ISO) und der posturalen Kontrolle (SEBT & COP) sowie eine differenzierte Gang- und Laufstilanalyse (GANG & LAUF) und Sprungdiagnostik (SPRUNG). Eine Follow-up Untersuchung erfolgt 6 Monate (T3) und 12 Monate (T4) nach Interventionsabschluss mittels CAIT und FAAM. Zusätzlich erfolgt an T4 die objektive Funktionsdiagnostik. Das 6-wöchige SMART-Trainingsprogramm startet 2-3 Wochen nach primärer OSG-Akutdistorsion und wird systematisch in supervisierten und eigenständigen Trainingseinheiten durchgeführt. Demgegenüber umfasst NORMT lediglich bedarfsangepasste krankengymnastische Behandlungsmaßnahmen innerhalb des Interventionszeitraums.

Nach klinischem Ausschluss von Frakturen und standardisierter Akuttherapie erhalten potentielle Studienteilnehmer etwa 1-2 Wochen nach primärer OSG-Akutdistorsion eine bildgebende Diagnostik mittels Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). Das MRT dient der präzisen Klassifizierung der Verletzungsschwere des OSG-Bandapparats und stellt somit ein entscheidendes Qualitätsmerkmal im Vergleich zu ähnlichen Studienansätzen dar. Es werden nur Patienten eingeschlossen, die eine signifikante Läsion bzw. Ruptur mindestens eines OSG-Bandelementes aufweisen. Zudem dient das MRT dem Nachweis ergänzender Ausschlussfaktoren (z. B. Knorpelverletzungen). Es erfolgt eine randomisierte Zuteilung in NORMT und SMART. Vor Trainingsbeginn erfolgt ein funktionsdiagnostischer Abgleich mit CONTROL, um valide Parameter für eine funktionelle OSG-Instabilität zu identifizieren (OSGAR II.1). Dazu wurden unabhängige t-Tests durchgeführt und für jeden spezifischen Testbereich der signifikante Parameter mit der höchsten Effektstärke ausgewählt. Receiver Operating Characteristic (ROC) Kurven mit dem dazugehörigen Youden-Index wurden verwendet, um optimale Cut-off-Werte für den ausgewählten Parameter zu berechnen.

ROC-Kurven sind eine grafische Darstellung, wie gut ein Test oder Modell zwischen zwei Zuständen unterscheiden kann, und zwar über verschiedene Schwellenwerte (Cutoffs) hinweg. Auf der ROC-Kurve wird die Sensitivität (True Positive Rate) gegen $1 - \text{Spezifität}$ (False Positive Rate) aufgetragen. So sieht man, wie sich die Testgüte verändert, wenn man den Grenzwert verschiebt. Die Gesamtgüte der Klassifikation wird durch die AUC (Area Under the Curve) beschrieben: Eine AUC von 1,0 bedeutet perfekte Trennschärfe, während 0,5 ungefähr einem Zufallsergebnis entspricht. Um einen optimalen Cutoff-Wert zu bestimmen, kann der Youden-Index verwendet werden. Dieser berechnet sich als: $\text{Youden-Index} = \text{Sensitivität} + \text{Spezifität} - 1$. Der Cutoff mit dem höchsten Youden-Index bietet den besten Kompromiss aus hoher Sensitivität und hoher Spezifität und wird deshalb häufig als „optimaler“ Grenzwert gewählt.

Mittels einer ANOVA mit Messwiederholung erfolgte anhand der Primärparameter CAIT und FAAM unmittelbar nach der Interventionsphase (T2) sowie im langfristigen Follow-Up (T3 & T4) die Beurteilung der Effektivität von SMART im Vergleich zu NORMT (OSGAR II.2). Darüber hinaus fungiert das eingangs validierte Diagnostikinventar zur

Darstellung einer funktionellen OSG-Instabilität als sekundärer Zielparameter für den potentiellen Wirksamkeitsnachweis von SMART. Eine detaillierte Beschreibung des Studienprotokolls kann der entsprechenden Publikation entnommen werden (Tennler, Raeder et al. 2023) (siehe Anhang).

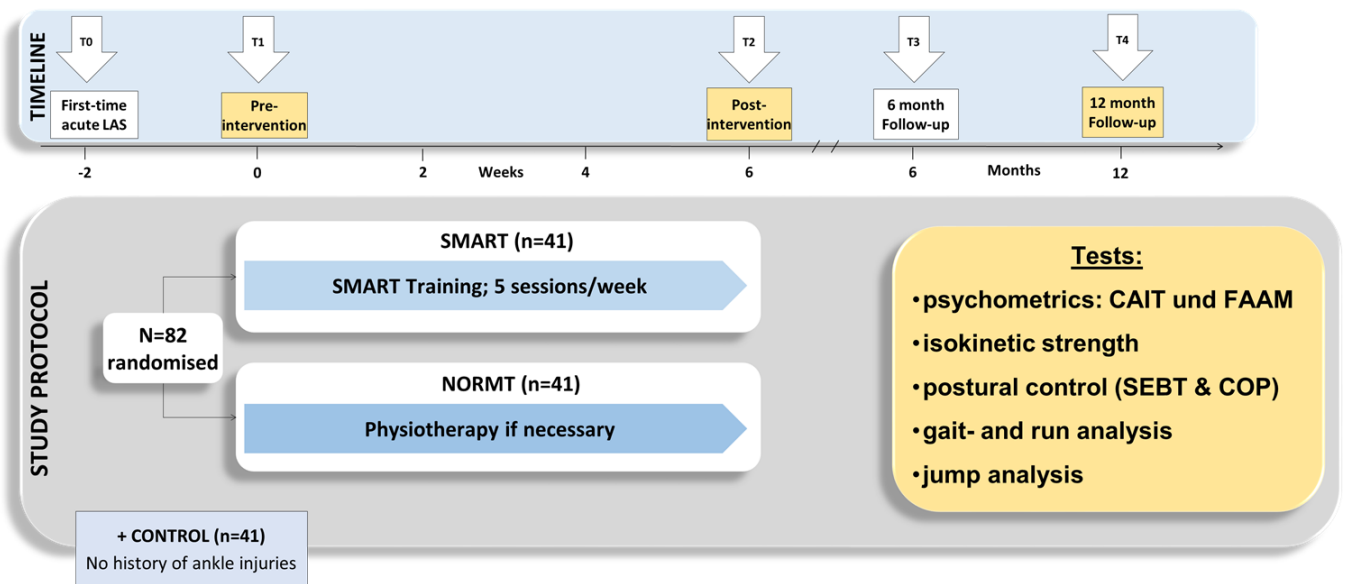


Abb. 1: Studiendesign

3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Einschlusskriterien basieren auf dem ICD-Code S93.4x mit der Diagnose „Verstauchung und Zerrung des oberen Sprunggelenks“. Die Altersspanne umfasst den Einschluss von Patienten zwischen 14 und 41 Jahren, insbesondere das Alterssegment der 14-25-jährigen Patienten, da jene nach Befunden aus OSGAR I mit etwa 45% den höchsten Anteil an akuten OSG-Distorsionen aufweisen. Hinsichtlich der Körperkomposition werden nur Personen mit einem BMI zwischen 19 und 30 eingeschlossen, welches einem normal- bis leicht übergewichtigem Typ entspricht. Stark unter- bzw. übergewichtige Kandidaten werden vom Studienvorhaben ausgeschlossen. Weitere Ausschlusskriterien sind:

- akute Begleitverletzungen am OSG-Apparat wie Frakturen, Syndesmose-Bandverletzungen und osteochondrale Läsionen
- Vorverletzungen am oberen Sprunggelenk der akut betroffenen und nicht betroffenen Seite wie bereits erlittene Frakturen, Luxationen und insbesondere Bandläsionen
- Schwerwiegende Verletzung(en) der unteren Extremität in den letzten 6 Monaten: z. B. Frakturen, Bandläsionen
- Größere operative Eingriffe an der unteren Extremität, z. B. Kreuzbandersatzplastik

Neurologische Erkrankungen oder Störungen des vestibulären oder visuellen Systems, die Einfluss auf die motorische Leistung haben könnten.

3.3 Rekrutierung und Fallzahlberechnung

Die Teilnehmenden wurden über die Notaufnahme des BG Klinikums Duisburg sowie das kooperierende ambulante medizinische Versorgungszentrum (MVZ BG Klinikum Duisburg) rekrutiert. Das BG Klinikum Duisburg ist ein überre-

gionales Traumazentrum und gehört zur Klinikgruppe der BG Kliniken der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV). Die durchführende Klinik ist die Klinik für arthroskopische Chirurgie, Sporttraumatologie und Sportmedizin.

Das Screening richtete sich an Patient:innen mit einer akuten Sprunggelenksdistorsion (ICD-Code S93.4x) basierend auf studienspezifischen Ein- und Ausschlusskriterien. Zunächst wurden Personen außerhalb des Altersbereichs von 14 bis 41 Jahren ausgeschlossen. Geeignete Patient:innen wurden anschließend telefonisch kontaktiert, um weitere Kriterien zu prüfen. Das Screening umfasste frühere Verletzungen sowohl am betroffenen als auch am nicht betroffenen Sprunggelenk, schwerwiegende Verletzungen der unteren Extremitäten in den letzten sechs Monaten, neurologische Erkrankungen, vestibuläre Beeinträchtigungen und den BMI. Das Telefonat endete mit Fragen zu aktuellen Symptomen. Wenn zwei von drei vordefinierten Kriterien – Druckschmerz am äußeren Sprunggelenk, sichtbare Schwellung am äußeren Sprunggelenk oder Schmerzen bei alltäglichen Aktivitäten – erfüllt waren, wurde eine weiterführende Diagnostik mittels MRT als notwendig erachtet (Tennler, Raeder et al. 2023). Eine bestätigte Läsion oder Ruptur von mindestens einem lateralen Sprunggelenksband ohne akute Begleitverletzungen am Sprunggelenk, diagnostiziert durch die MRT-Aufnahmen, führte schließlich zur Randomisierung und Einschluss in die Studie.

Die gesunde Kontrollgruppe (CONTROL), die bisher keine Sprunggelenksverletzungen hatten, wurde über Freunde, Mitarbeitende der Klinik oder lokale Sportvereine rekrutiert.

Die Fallzahlberechnungen beruhen auf dem Nachweis einer Effektstärke $f = 0.25$ bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ (Alpha-Fehler) und einer statistischen Power von $\beta = 0.20$ (Beta-Fehler) für die Primärparameter CAIT bei zwei Gruppen (SMART und NORMT) und vier Messzeitpunkten (T1, T2, T3, T4). Dies ergibt ein Kollektiv von 82 Patienten (Gruppengröße=2 x 41; repeated-measures ANOVA). Unter Berücksichtigung einer Dropout-Quote von 12% werden insgesamt 92 Kandidaten benötigt ($n=46$ pro Subgruppe). Die Rekrutierungsphase endete mit einer Gesamtstichprobengröße von $n = 78$. Mit dieser Grundlage sind wir in der Lage, einen Interaktionseffekt (Zeit x Gruppe) sowie den Inner-Gruppen-Effekt mit ausreichender Power nachzuweisen. Der Zwischen-Gruppen-Effekt kann mit einer errechneten statistischen Power von etwa 77 % untersucht werden.

Für OSGAR II.1 wurde eine matched-pair Analyse zwischen der gepoolten Gruppe der verletzten Probanden (SMART + NORMT) zum Zeitpunkt T1 mit der gesunden Kontrollgruppe (CONTROL) durchgeführt. Fixe Kriterien waren Geschlecht und die Unterscheidung in Raucher und Nicht-Raucher, variable Kriterien waren das Alter (± 10 Jahre) und der BMI (± 5 kg/m²). Dies resultierte in einer Stichprobengröße für OSGAR II.1 von 36 verletzten Probanden (INJURED) und 36 unverletzten Probanden (UNINJURED/CONTROL).

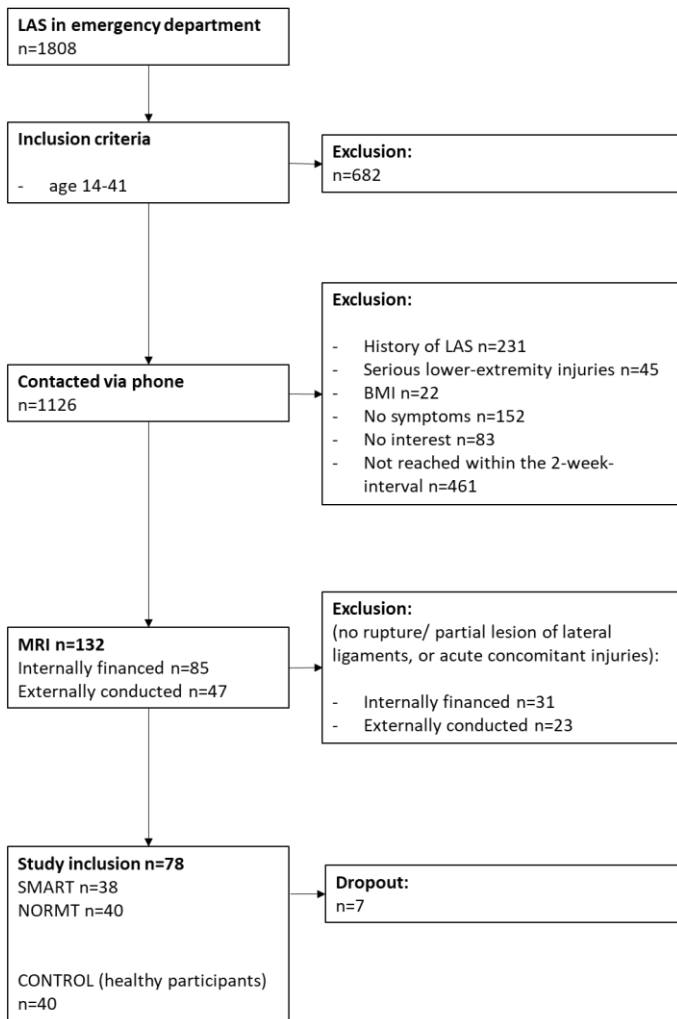


Abb. 2: Flow-Chart OSGAR II.2

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

4.1 Studienziel OSGAR II.1

Tab. 1: Demografische Informationen der Stichprobe (OSGAR II.1)

	INJURED n=36	UNINJURED/CONTROL n=36	P Value
Geschlecht	Männl.: n=22 (61%) Weibl.: n=14 (39%)	Männl.: n=22 (61%) Weibl.: n=14 (39%)	-
Alter (Jahre)	22.1 ± 6.7	24.7 ± 6.2	0.088
Größe (m)	1.8 ± 0.1	1.8 ± 0.1	0.489
Gewicht (kg)	72.6 ± 12.9	70.7 ± 10.9	0.513
BMI	23.0 ± 2.5	22.1 ± 2.5	0.138
Tegner-Score	6 ± 3	6 ± 2	0.07

Durch die matched-pair-Analyse ergeben sich zwei vergleichbare, gleichgroße Gruppen von verletzten und unverletzten Probanden (Tab. 1). Weitere demografische Informationen der Stichprobe können der Tabelle entnommen werden.

In Tabelle 2 sind die signifikanten Parameter pro Domäne aufgelistet, welche jeweils die höchste Effektstärke nach Cohen's d zeigen. In der Domäne Psychometrie wurden sowohl CAIT als auch der FAAM-Sport-Score aufgelistet, da diese beiden mit deutlichem Abstand die höchste Effektstärke aufgewiesen haben. Zudem erfassen beide Fragebögen deutlich unterschiedliche Aspekte, der FAAM-Sport-Score mag dabei nicht für jeden Patienten geeignet sein. Die dargestellten Cut-off wurden auf Basis der Receiver Operating Curves berechnet. Der Youden-Index zeigt zudem die Effektivität des jeweiligen Cut-off-Wertes an.

Tab. 2: Diagnostikinventar zur Messung einer funktionellen Sprunggelenksinstabilität

Domain	Parameter	Optimal Cut-off	Optimal Youden Index
Psychometry	CAIT	< 26	0.94
	FAAM Sport	< 86	1
Range of Motion	ROM passive Plantarflexion	< 44°	0.79
	Total passive ROM	< 72°	0.76
Gait/ Running	External Ankle Rotation (54-66% Gait cycle)	< -15°	0.53
Postural Control	SEBT Composite Score	< 92.81	0.6
Strength	Plantarflexion concentric	< 2.24 Nm/kg	0.58

Jump Performance/ Landing Strategy	Drop jump contact time 20cm	> 0.23 sec	0.64
---	------------------------------------	------------	------

4.2 Studienziel OSGAR II.2

Tab.3: Demografische Informationen der Stichprobe (OSGAR II.2)

	SMART n=38	NORMT n=40	P Value
Geschlecht	Männl.: n=25 (66%) Weibl.: n=13 (34%)	Männl.: n=25 (63%) Weibl.: n=15 (37%)	-
Alter (Jahre)	23.7 ± 7.6	24.7 ± 6.9	0.538
Größe (m)	1.8 ± 0.1	1.8 ± 0.1	0.532
Gewicht (kg)	77.9 ± 14.2	75.9 ± 13.8	0.525
BMI	24.5 ± 3.6	24.2 ± 3.4	0.728
Tegner-Score	6.1 ± 2.6	4.8 ± 2.5	0.029

Die Vergleichbarkeit der SMART- und NORMT-Gruppe ist gegeben (Tab. 3). Weitere demografische Informationen der Stichprobe können der Tabelle entnommen werden. Der Unfallhergang der Gesamtstichprobe war bei 73% im Sport, bei 19% im Alltag und bei 8% während Freizeitaktivitäten. Bei 25% handelte es sich um einen Wege- oder Arbeitsunfall.

Zum Zeitpunkt T2 haben 18% angegeben, nach dem initialen Umknick-Ereignis erneut umgeknickt zu sein (davon waren n=7 aus der SMART-Gruppe und n=6 aus der NORMT-Gruppe), von T2 bis T3 lag die Umknickrate bei 13% (davon waren n=3 aus der SMART-Gruppe und n=6 aus der NORMT-Gruppe) und von T3 bis T4 waren es 17% mit erneuten Umknick-Ereignissen (davon waren n=4 aus der SMART-Gruppe und n=8 aus der NORMT-Gruppe). Letztendlich lässt sich also festhalten, dass 1 Jahr nach dem erstmaligen Umknick-Ereignis 38% der Patienten mindestens eine erneute OSG-Distorsion im Verlauf des letzten Jahres erlitten haben (davon waren n=12 aus der SMART-Gruppe und n=16 aus der NORMT-Gruppe). Gemäß des von dem International Ankle Consortium definierten Cut-off-Score zur Messung einer chronischen Sprunggelenksinstabilität befinden sich zum Zeitpunkt T4 9% der Gesamtstichprobe unterhalb des Wertes und damit im Bereich der chronischen Instabilität (davon waren n=1 aus der SMART-Gruppe und n=5 aus der NORMT-Gruppe).

Die RM-ANOVA des **CAIT** zeigte einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($F=260.572$, $df=2.435$; $p<.001$, $\eta^2_p=0.791$) sowie einen **signifikanten Interaktionseffekt** Zeit x Gruppe ($F=3.748$, $df=2.435$, $p<.05$, $\eta^2_p=0.052$) (siehe Abb. 3). Post-hoc-Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur zeigen signifikante Unterschiede zwischen allen Messzeitpunkten (alle $p<.001$), was auf eine kontinuierliche Veränderung des Parameters über die Zeit hinweist. Zur Aufschlüsselung des Interaktionseffektes wurden ebenfalls post-hoc-Tests durchgeführt. Zwischen den Gruppen zeigen sich zu T1 keine signifikanten Unterschiede, während ab T2 signifikante Unterschiede zwischen SMART und NORMT beobachtet wurden (alle $p<.001$). Innerhalb der Gruppen zeigte sich in der SMART-Gruppe eine stärkere Veränderung über die Zeit als in der NORMT-Gruppe. Die vollständigen post-hoc-Ergebnisse sind dem Anhang zu entnehmen. Zum Zeitpunkt T1 liegt der mittlere CAIT-Wert beider Gruppen noch deutlich unterhalb des klinischen Cut-offs von ≤ 24

Punkten zur Definition einer chronischen Sprunggelenksinstabilität (SMART 14 ± 6 ; NORMT 14 ± 5). Ab T2 erreicht die SMART-Gruppe jedoch erstmalig im Mittel den Cut-off (SMART 24 ± 5), die NORMT-Gruppe schafft dies erst ab T3 (NORMT 25 ± 5) (Abb. 3). Damit erreichte die SMART-Gruppe den klinisch unauffälligen Bereich früher als die NORMT-Gruppe. Die Minimal Clinically Important Difference (MCID) des CAIT beträgt ≥ 3 Punkte und wurde in beiden Gruppen deutlich überstiegen (Wright, Linens et al. 2017). In Hinblick auf das in OSGAR II.1 eigens entwickelte Diagnostik-Inventar ist der definierte Cut-off-Wert des CAIT von < 26 , in Abgrenzung zu der gesunden Kontrollgruppe, in der SMART-Gruppe bereits zum Zeitpunkt T3 erreicht, in der NORMT-Gruppe erst zu T4.

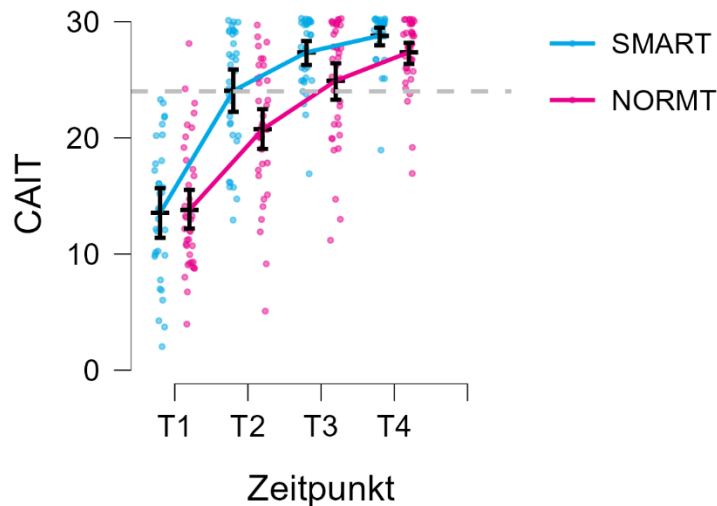


Abb. 3: Mittelwerte des CAIT-Scores (Cumberland Ankle Instability Tool) über vier Messzeitpunkte (T1-T4) getrennt nach Gruppen (SMART, NORMT). Punkte zeigen Einzelwerte, Linien die Gruppenmittelwerte, Fehlerbalken repräsentieren 95%-Konfidenzintervalle, gestrichelte Linie zeigt den klinischen Cut-off von 24 Punkten.

Für den FAAM-Gesamtscore zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ($F=170.791$, $df=1.775$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.577$) (Abb. 4). Post-hoc-Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur ergaben signifikante Unterschiede zwischen allen Messzeitpunkten (alle $p \leq .006$), was auf eine kontinuierliche Verbesserung des FAAM-Gesamtscores über die Zeit hinweist.

Für den FAAM-ADL-Score zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ($F=131.319$, $df=1.519$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.666$) (Abb. 4). Post-hoc-Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur ergaben signifikanten Unterschied zwischen allen Messzeitpunkten (alle $p \leq .018$), was auf eine kontinuierliche Verbesserung des FAAM-ADL-Scores über die Zeit hinweist. Bezogen auf den klinischen Cut-off von 90% lagen beide Gruppen zu T1 deutlich unterhalb der Schwelle (SMART 67 ± 23 ; NORMT 68 ± 18). In der SMART-Gruppe wurde der Cut-off bereits zu T2 überschritten (SMART 93 ± 11), während die NORMT-Gruppe diesen erst zu T3 erreichte (NORMT 95 ± 6). Zu T4 lagen beide Gruppen stabil oberhalb des Grenzwertes. Die Minimal Clinically Important Difference des FAAM-ADL-Scores (8 Punkte (Martin, Irrgang et al. 2005)) wurde in beiden Gruppen überstiegen.

Für den **FAAM-Sport-Score** ergab die ANOVA mit Messwiederholung einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($F=220.323$, $df=2.072$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.783$), sowie einen **signifikanten Interaktionseffekt** Gruppe x Zeit ($F=4.107$, $df=2.072$, $p<.005$, $\eta^2_p=0.063$) (Abb. 4). Post-hoc-Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur zeigten signifikante Unterschiede zwischen allen Messzeitpunkten (alle $p \leq .001$), was auf eine deutliche Verbesserung des FAAM-Sport-Scores über die Zeit hinweist. Die vollständigen post-hoc-Ergebnisse sind dem Anhang zu entnehmen. Die Minimal Clinically

Important Difference des FAAM-Sport-Scores (9 Punkte (Martin, Irrgang et al. 2005)) wurde in beiden Gruppen deutlich überschritten. In Hinblick auf das in OSGAR II.1 entwickelte Diagnostik-Inventar ist der definierte Cut-off-Wert des FAAM-Sport-Scores von 86 in beiden Gruppen (jedoch in der NORMT-Gruppe nur sehr knapp) zum Zeitpunkt T3 erreicht.

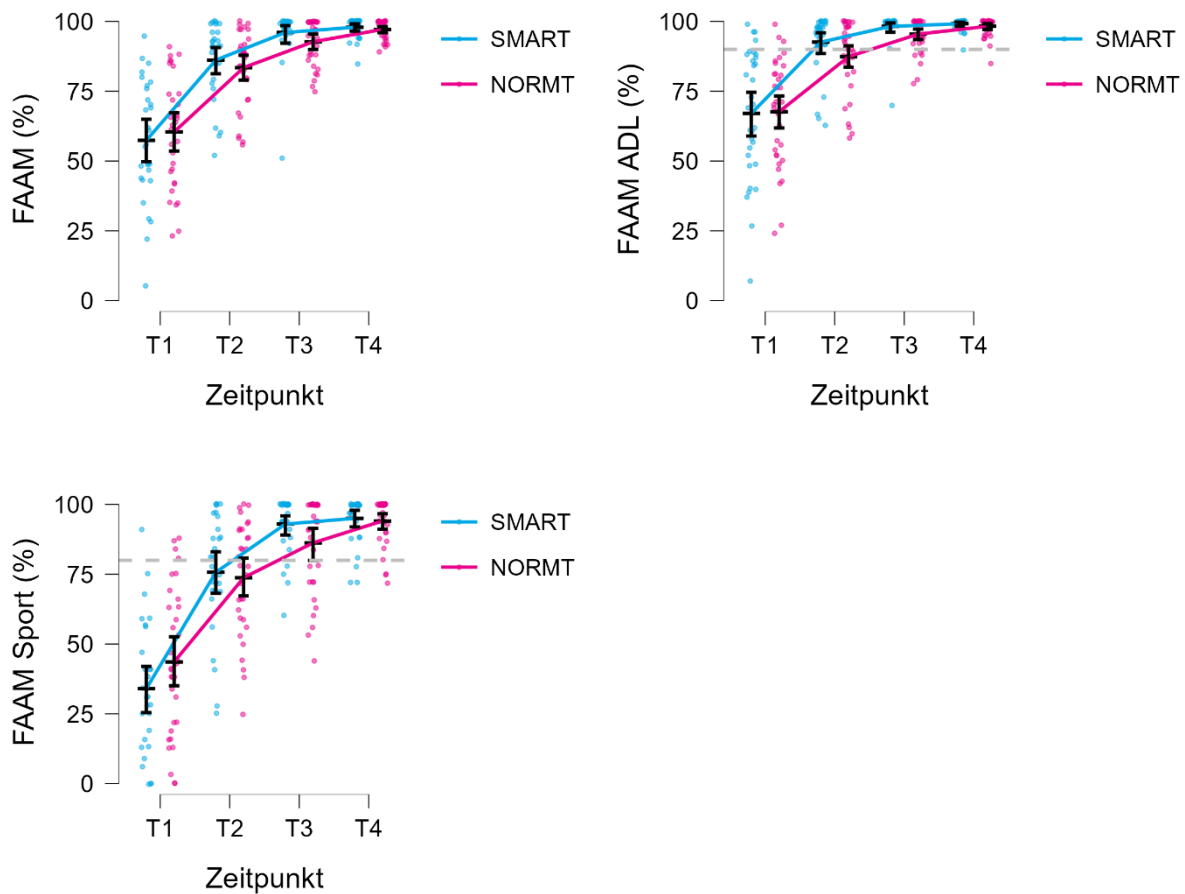


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der FAAM-Scores über vier Messzeitpunkte (T1-T4) getrennt nach Gruppen (SMART, NORMT). Dargestellt sind der FAAM-Gesamtscore (A), der FAAM-ADL-Score (Activities of Daily Living) (B) und der FAAM-Sport-Score (C). Punkte zeigen Einzelwerte, Linien die Gruppenmittelwerte und Fehlerbalken 95%-Konfidenzintervalle. Die gestrichelten Linien in (B) und (C) markieren die klinischen Cut-Off Werte (FAAM-ADL=90%, FAAM-Sport=80%).

Weitere Auswertungen hinsichtlich der sekundären Zielparameter, sind bedingt durch den zeitlichen Aufwand der Auswertung nicht Teil dieses Berichtes, werden aber im Rahmen der geplanten Publikationen verwertet.

Tab. 4: Wissenschaftlicher Transfer der OSGAR-Ergebnisse

Datum	Veranstaltung	Titel
01.03.2022	AGAnywhere Monthly - #011	Chronische Sprunggelenkinstabilität
01.04.2022	Sachbearbeiterschulung BG Klinikum Duisburg	Prävention chronischer OSG-Instabilität – Funktionstests und Nachbehandlung nach akuter OSG-Distorsion
16.09.2022	39. AGA Kongress	OSG-Distorsion – braucht es eine standardisierte Nachbehandlung?
23.11.2022	Wissenschaftstage der BG Kliniken	„Umgeknickt?! – Train SMART, don’t retard!“
18.09.2023	dvs-Nachwuchsworkshop 2023	Projektvorstellung
14.06.2024	Wissenschaftstage der BG Kliniken	Testbatterie zur Erfassung einer funktionellen Sprunggelenksinstabilität nach akuter OSG-Distorsion
23.05.2025	Wissenschaftstage der BG Kliniken	Kurzfristige Effekte einer sechswöchigen multimodalen Trainingsintervention auf die Sprunggelenksfunktion nach akuter OSG-Distorsion

Wie bereits eingangs erläutert wurde eine, als Vorarbeit zu dem Projektantrag anzusehende, retrospektive Datenbankanalyse (OSGAR I) durchgeführt und erfolgreich veröffentlicht (Raeder, Tennler et al. 2021) <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00308-x>. Das Studienprotokoll von OSGAR II wurde im März 2023 in dem Journal Trials veröffentlicht (Tennler, Raeder et al. 2023) <https://doi.org/10.1186/s13063-023-07195-2>. Beide Publikationen befinden sich im Anhang. Die Studie wurde im DRKS (Deutschen Register Klinischer Studien) unter der Nummer DRKS00026049 sowie im ISRCTN (International Standard Randomised Controlled Trial Number) unter der Nummer ISRCTN13640422 registriert.

Derzeit befinden wir uns im Einreichungsprozess der Publikation mit dem Arbeits-Titel „OSGAR- Development of a Multidimensional Test Battery for Functional Ankle Instability: A cross-sectional analysis“. Weitere Publikationen u.a. hinsichtlich der kurzfristigen und langfristigen Effektivität der SMART-Intervention sind geplant.

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

Analog zu der im Projektantrag durchgeführten Literaturrecherche wurde eine erneute Literaturrecherche in PubMed von Review-Artikeln und Meta-Analysen in den Jahren 2021 bis 2025 mit folgenden Suchkriterien durchgeführt: ankle instability AND diagnostic AND rehab* NOT surg*.

Author	Year	Journal	Title	Relevance	Aims	Results	Consequences
Cervera-Garvi et al.	2023	Clin Rehabil	Systematic review of the methodological quality of patient-reported outcome measure for patients with chronic ankle instability	yes	The aim of this review is to identify the PROMs specifically available for chronic ankle instability and to evaluate their methodological quality and that of the cross-cultural adaptations made	The Cumberland Ankle Instability Tool and the Identification of Functional Ankle Instability questionnaires can be useful instruments for evaluating chronic ankle instability, both in patients with this condition and also in non-pathological patients.	No consequence since we are using the CAIT
Coelho-Oliveira et al.	2023	Int J Environ Res Public Health	Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Athletes with Ankle Instability: A Systematic Review	no			
Demir et al.	2025	Afr Health Sci	The effect of balance training with stroboscopic glasses on postural stability and activity level in patients: a meta-analysis	no			
Gardia-Sanchez et al.	2025	Eur J Phys Rehabil Med	Virtual reality-based interventions enhance functional status, balance and muscle strength in patients with ankle instability: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials	no			

Gong et al.	2025	J Foot Ankle Res	Characteristics of Lower Extremity Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity in Individuals With Chronic Ankle Instability During Landing With Expected and Unexpected Inversion Perturbations: A Systematic Review and Meta-Analysis	yes	This study aims to investigate whether alterations in the lower extremity kinematics, kinetics, and muscle activity of individuals with chronic ankle instability (CAI) occur during landing with expected and unexpected inversion perturbations	Individuals with CAI exhibited increased activity of the tibialis anterior muscle before landing. The delayed activation of the peroneus longus muscle and increased co-contraction index in the sagittal plane, ankle inversion angle, ankle inversion range of motion, and knee extension moment were observed after landing. Besides, subgroup analysis revealed that the anticipation of perturbations influenced muscle activation patterns, with significant differences in peroneus longus latency and coactivation indices	This will be used in the discussion section of the respective publication as part of situating it within the current state of the literature
Gonzales-Gutierrez et al.	2025	Cureus	Imaging Anatomy of the Ankle in Normal and Pathological States: A Clinically Focused Pictorial Review	no			
Habersack et al.	2022	Int J Environ Res Public Health	Gait Pathology in Subjects with Patellofemoral Instability: A Systematic Review	no			
Jeon et al.	2025	Clin Biomech	Kinematic and kinetic characteristics of individuals with coping lateral ankle sprain during landing and walking/running tasks: A systematic review with meta-analysis	yes	We aimed to synthesize the kinematics and kinetics during landing and walking/running tasks of ankle copers compared with patients with chronic ankle instability and controls.	Copers had less inversion and eversion angles, and ankle frontal displacement during landing compared with patients with chronic ankle instability. Copers revealed greater dorsiflexion, plantarflexion, and ankle sagittal displacement during landing and less plantarflexion moment during walking than patients with chronic ankle instability; however, most ankle biomechanics of copers were not significantly different from those of controls. In the proximal joints, copers revealed less knee valgus angle at maximum and initial contact; and less hip flexion angle at maximum and initial contact, hip external rotation angle and sagittal and frontal displacement during landing than patients with chronic ankle instability. Copers had less hip extension moment during walking and greater maximum hip adduction angle during landing than controls.	This will be used in the discussion section of the respective publication as part of situating it within the current state of the literature

Kawabata et al.	2023	Foot	Ankle instability as a prognostic factor associated with the recurrence of ankle sprain: A systematic review	yes	Explore Relationship between ankle instability and ankle sprain recurrence in preventing recurrence of ankle sprains and to provide appropriate treatment	Ankle instability was a prognostic factor associated with recurrence of ankle sprains in patients with ankle sprains. Therefore, ankle instability is one of important factor in preventing recurrence of ankle sprains	This underlines our aim of OSGAR II.1 to develop a test battery to diagnose a functional ankle instability already 2-3 weeks after the initial injury. By treating the diagnosed deficits we might be able to reduce the high recurrence of ankle sprains
Kahliliyan et al.	2024	Foot	Gait and muscle activity measures after biomechanical device therapy in subjects with ankle instability: A systematic review	no			
Kim et al.	2024	Disabil Rehabil	What interventions can treat arthrogenic muscle inhibition in patients with chronic ankle instability? A systematic review with meta-analysis	no			
Koboyashi et al.	2021	BMC Musculoskeletal Disord	Abnormalities of foot and ankle alignment in individuals with chronic ankle instability: a systematic review	no			
Koshino et al.	2024	J Sport Rehabil	Noninstrumented Clinical Assessment of Static Postural Stability in Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis	no			

Labanca et al.	2021	Gait Posture	Muscle activations during functional tasks in individuals with chronic ankle instability: a systematic review of electromyographical studies	yes	Do common sEMG activation abnormalities and strategies exist across different functional movements? (gait, running, responses to perturbations, landing and hopping, cutting and turning; single-limb stance, star excursion balance task, forward lunges, ball-kicking, y-balance test and single-limb squatting)	Individuals with CAI showed a delayed activation of the peroneus longus in response to sudden inversion perturbations, in transitions between double- and single-limb stance, and in landing on unstable surfaces. Apparently, while walking on ground there are no differences between CAI and controls, walking on a treadmill increases the variability of muscles activations, probably as a "safety strategy" to avoid ankle inversion. An abnormal activation of the tibialis anterior was observed during a number of tasks. Finally, hip/spine muscles were activated before ankle muscles in CAI compared to controls.	This will be used in the discussion section of the respective publication as part of situating it within the current state of the literature
Lebisova et al.	2025	J Sport Rehabil	Utility of Blood Flow Restriction Training to Improve Ankle Strength in Patients With Chronic Ankle Instability: A Critically Appraised Topic	no			
Luan et al.	2025	Front Bioeng Biotechnol	Is the anterior drawer test still valuable for diagnosing mechanical ankle instability in clinical practice and research?	no			
Luan et al.	2024	Physiotherapy	Do individuals with ankle instability show altered lower extremity kinematics and kinetics during walking? A systematic review and meta-analysis	yes	To determine if individuals with chronic ankle instability demonstrate altered lower extremity kinematics and kinetics during walking	CAI participants showed significantly greater ankle inversion angle, hip adduction angle, and knee valgus moment during walking	This will be used in the discussion section of the respective publication as part of situating it within the current state of the literature
Marin Fermin et al.	2023	Foot Ankle Clin	Acute Ankle Sprain in Elite Athletes: How to Get Them Back to the Game?	no			
Mohess et al.	2024	J Sport Rehabil	The Effects of Augmenting Balance Training with Stroboscopic Goggles on Postural Control in Chronic Ankle Instability Patients: A Critically Appraised Topic	no			

Nozu et al.	2021	Pm r	Assessments of Sensorimotor Deficits Used in Randomized Clinical Trials With Individuals With Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability: A Scoping Review	yes	Summarize the most common tasks and outcome measures in randomized control trials used to assess sensorimotor function following ankle sprain and chronic ankle instability	The most common task was single-limb stance. The most common outcome measure was the posterior-medial reach distance of the Star Excursion Balance Test. Different inclusion criteria for a history of ankle sprains or CAI were used. A wide range of sensorimotor assessments and inclusion criteria was used among studies involving individuals with a history of ankle sprain with or without CAI, which could make it difficult to compare and generalize study results.	A nice confirmation, since we have both the single-limb stance and the Star Excursion Balance Test in our test battery for measuring sensorimotor function.
Nunes et al.	2021	Clin Rehabil	Kinesio taping does not improve ankle functional or performance in people with or without ankle injuries: Systematic review and meta-analysis	no			
Ortega et al.	2025	J Athl Train	Gait-Training Interventions for Individuals With Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis	yes	To determine if gait-training interventions influence lower extremity biomechanics during walking in individuals with CAI	Gait-training protocols improved some lower extremity biomechanical outcomes in individuals with CAI. Plantar-pressure outcome measures seemed to be most affected by gait-training programs, with improvements including decreasing the lateral pressure associated with increased risk for lateral ankle sprains. Gait training increased electromyographic activity after initial contact for the fibularis longus muscle	The SMART-domain T (Transfer to function and performance) incorporates gait-training.
Park et al.	2025	Foot Ankle Clin	MRI in Acute Ankle Sprains: Should We Be More Aggressive with Indications?	no			
Raheman et al.	2022	Clin Orthop Relat Res	Can Weightbearing Cone-beam CT Reliably Differentiate Between Stable and Unstable Syndesmotic Ankle Injuries? A Systematic Review and Meta-analysis	no			
Siemes et al.	2023	BMC Musculoskeletal Disord	The effect of movement representation techniques on ankle function and performance in persons with or without a lateral ankle sprain: a systematic review and meta-analysis	no			

Tang et al.	2024	BMC Musculoskeletal Disord	Meta-analysis of the dosage of balance training on ankle function and dynamic balance ability in patients with chronic ankle instability	yes	To explore and compare the dosage of balance training on ankle function and dynamic balance ability in patients with chronic ankle instability	The results of the meta-analysis demonstrated that balance training was effective in enhancing ankle function with self-functional scores and variables associated with the ability of dynamic balance such as SEBT-A, SEBT-PM, and SEBT-PL of CAI patients. Meta-regression indicated that the intervention time might be the principal cause of heterogeneity in self-functional scores. In subgroup analyses of self-functional score across intervention types, among the intervention time, more than 20 min and less than 30 min had the most favorable effect; among the intervention period, 4 weeks and 6 weeks had significant effects; among the intervention frequency, 3 times had significant effects. Secondly, in subgroup analyses of SEBT across intervention types, a 4-week and 6-week intervention with balance training 3 times a week for 20-30 min is the optimal combination of interventions to improve SEBT in patients with chronic ankle instability	Balance training is an essential part of the SMART-training. Session duration is approximately 30min for 5 days per week. Therefore our intervention should have an adequate dosage.
Yang et al.	2025	J Orthop Sports Phys Ther	What Will Deliver the Best Bang-For-Your-Treatment-Buck? Treatment Effects of Physical Therapy Approaches to Managing Chronic Ankle Instability: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials	yes	To evaluate the relative efficacy of various physical therapy interventions for chronic ankle instability	A regimen combining balance and strengthening exercises, augmented with either manual therapy or dry needling, was identified as the most effective in enhancing function, improving dynamic balance, and significantly relieving pain. A multimodal exercise approach combined with manual therapy showed superior efficacy in increasing dorsiflexion. Tai chi emerged as the most promising intervention for improving stability	Balance as well as strengthening exercises are an essential part of the SMART-training.

Zhang et al.	2025	Sci Rep	Effectiveness of exercise therapy on chronic ankle instability: a meta-analysis	yes	The efficacy of exercise therapy in CAI patients	Long-term exercise therapy (over 4 weeks) significantly enhanced FAAM-A and dynamic balance ability of ankle joint. After categorizing by exercise type, the results indicated that strength training was more effective in improving SEBT, joint mobilization was more effective in improving SEBT-A, and proprioceptive training was more effective in improving SEBT-PM	Mobilization, balance training as well as strengthening exercises are an essential part of the SMART-training.
--------------	------	---------	---	-----	--	--	--

Die erneute Literaturrecherche lieferte 28 Reviews/ Metaanalysen. Nach einem Screening der Titel und Abstracts erwiesen sich 11 als thematisch relevant. Zusammengefasst ergaben sich daraus folgende Konsequenzen:

Die Recherche bestätigt insgesamt die geplante Vorgehensweise im Projekt und liefert vor allem eine wissenschaftliche Begründung für die ausgewählten Assessments und Inhalte der Intervention. Der Einsatz des CAIT wird durch die Literatur als geeignetes Instrument zur Erfassung funktioneller Sprunggelenksinstabilität gestützt. Zudem wird die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnostik von Instabilität nach Sprunggelenksdistorsion hervorgehoben, da Instabilität ein relevanter Prognosefaktor für Rezidive ist. Dies untermauert zusätzlich die Zielsetzung von OSGAR II.1 (Testbatterie bereits 2–3 Wochen nach Erstverletzung). Weiter bestätigen mehrere Übersichtsarbeiten, dass in einer sinnvollen Testbatterie insbesondere einbeinige Standtests und der Star Excursion Balance Test (SEBT) wichtige Bestandteile zur Erfassung sensorimotorischer Defizite sind. Für die Intervention zeigen Meta-Analysen, dass ein multimodales Training (Kombination aus Gleichgewicht/Propriozeption, Kräftigung und ggf. Mobilisation bzw. manuellen Techniken) besonders wirksam ist, um Funktion, dynamische Balance und Schmerzen zu verbessern. Die Ergebnisse zur Trainingsdosierung sprechen dafür, dass der Umfang der geplanten SMART-Intervention ausreichend bzw. angemessen gewählt ist. Einzelne biomechanische Übersichtsarbeiten (z. B. zu Muskelaktivierung und Gang-/Landemustern) liefern außerdem wichtige Inhalte für die spätere Diskussion und Einordnung der Studienergebnisse im aktuellen Forschungsstand.

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

Die übergeordnete Zielsetzung des Forschungsprojekts bestand in der **Ableitung evidenzgestützter Handlungsleitlinien zur Optimierung gegenwärtiger Behandlungsstrategien nach primärer OSG-Akutdistorsion**. Hierzu wurden folgende Zielstellungen adressiert:

1. Entwicklung eines Diagnostikinventars zur validen und sensitiven Erfassung einer funktionellen OSG-Instabilität nach primärer OSG-Akutdistorsion (OSGAR II.1).
2. Evaluation der kurz- und langfristigen Wirksamkeit einer multimodalen sensomotorischen Trainingsintervention auf die OSG-Funktion nach primärer OSG-Akutdistorsion einschließlich eines 6- bis 12-monatigen Follow-ups (OSGAR II.2).

Beide Zielstellungen wurden vollständig erreicht. Im Rahmen von OSGAR II.1 wurde ein Diagnostikinventar zur Erfassung einer funktionellen Sprunggelenksinstabilität entwickelt, das konkrete Cut-off-Werte umfasst und bereits 2–3 Wochen nach dem Akutereignis eine strukturierte Einordnung ermöglicht. Damit können Patient:innen mit auffälligen Befunden zunächst identifiziert und anschließend domänenspezifische Defizite differenziert beschrieben werden. Aufgrund der hohen Zusammenhänge zwischen psychometrischen und funktionellen Parametern lassen sich relevante funktionelle Einschränkungen in Teilen bereits über eine niederschwellige Fragebogenerhebung ableiten. Dies unterstützt eine frühzeitige Diagnostik sensomotorischer Defizite und deren gezielte trainingstherapeutische Adressierung. Eine konkrete Strategie zur klinischen Implementierung wird in Kapitel 7 dargestellt.

Darüber hinaus konnte im Rahmen von OSGAR II.2 ein empirischer Wirksamkeitsnachweis der SMART-Trainingsintervention zur Verbesserung und Regeneration der OSG-Funktion erbracht werden. Die kurzfristige sowie langfristige Effektivität wurde anhand des Primärparameters CAIT evaluiert. SMART stellt ein multimodales Trainingskonzept dar, das mehrere funktionelle Domänen (u. a. Kraft, Beweglichkeit, posturale Kontrolle und funktionelle Bewegungsmuster) integriert und einen strukturierten, über sechs Wochen angelegten Therapieplan bereitstellt (Broschüre im Anhang). Die Ergebnisse sprechen dafür, SMART als evidenzgestütztes Behandlungskonzept in bestehende Handlungsleitlinien zu integrieren. In der aktuellen Versorgungspraxis erfolgt häufig keine systematische Trainingstherapie, die sensomotorische Funktionsdefizite und individuelle Bewegungseinschränkungen nach akuter OSG-Distorsion umfassend berücksichtigt; stattdessen werden überwiegend kurzfristige physiotherapeutische Maßnahmen in Kombination mit einer bedarfsangepassten Orthesenversorgung eingesetzt. SMART adressiert diese Versorgungslücke und ist aufgrund der geringen Anforderungen an Material und Infrastruktur gut in klinische Abläufe integrierbar. Die Übungsdurchführung wird durch eine Broschüre (Print/PDF) sowie QR-Codes zu Übungsvideos unterstützt und ermöglicht ein eigenständiges Training, insbesondere im häuslichen Setting; als ergänzendes Hilfsmittel ist v. a. ein instabiles Trainingskissen erforderlich.

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

Wie in Kapitel 4 dargestellt, befindet sich derzeit eine Publikation mit dem Arbeitstitel „OSGAR – *Development of a Multidimensional Test Battery for Functional Ankle Instability: A Cross-Sectional Analysis*“ im Einreichungsprozess. Weitere Publikationen, insbesondere zur kurz- und langfristigen Wirksamkeit der SMART-Trainingsintervention, sind in Vorbereitung und bilden die wissenschaftliche Grundlage für die geplante klinische Implementierung der Projektergebnisse.

Der Transfer der Studienergebnisse wird konzeptionell wie folgt umgesetzt: Ziel ist es, Patient:innen mit akuter OSG-Distorsion etwa zwei Wochen nach dem Verletzungsereignis über ein digitales Fragebogentool strukturiert zu erfassen. Die Aufforderung, den digitalen Fragebogen zum richtigen Zeitpunkt auszufüllen könnte man über das Fragebogentool programmieren, alternativ könnte ein QR-Code auf dem Arztbrief zum Fragebogen führen. Hierzu sollen zunächst die beiden psychometrischen Instrumente CAIT und FAAM-Sport aus der Psychometrie-Domäne der entwickelten Testbatterie eingesetzt werden. Bereits auffällige Ergebnisse in dieser Domäne liefern belastbare Hinweise auf das Vorliegen funktioneller Defizite des OSG-Apparats. Bei Bedarf kann die Diagnostik durch zusätzliche Testdomänen des Inventars erweitert werden, um spezifische Defizite differenzierter zu identifizieren.

Die praktische Umsetzbarkeit der einzelner Testdomänen im klinischen Alltag ist unterschiedlich zu bewerten. Während Untersuchungen zur Beweglichkeit und posturalen Kontrolle vergleichsweise niedrigschwellig in physiotherapeutischen Settings realisierbar sind, erfordern Kraft-, Gang- sowie Sprungdiagnostik spezifische Messsysteme, für die die ermittelten Cut-off-Werte validiert wurden und die derzeit noch nicht flächendeckend verfügbar sind. Besonders praktikabel wäre es demnach, Patient:innen bei auffälligen psychometrischen Befunden eine erneute ärztliche Vorstellung zu empfehlen und ihnen unabhängig davon das SMART-Trainingsprogramm standardisiert zur Verfügung zu stellen. Dieses kann in Form einer digitalen Broschüre (PDF) mit ergänzenden QR-Codes zu Übungsvideos bereitgestellt werden. Die in OSGAR II.1 identifizierten signifikanten Zusammenhänge mit teils hohen Effektstärken zwischen psychometrischen und funktionellen Parametern legen nahe, dass psychometrische Auffälligkeiten unterhalb der definierten Cut-off-Werte mit relevanten funktionellen Einschränkungen einhergehen. Vor diesem Hintergrund kann in einer ersten Implementierungsstufe die Empfehlung zur Durchführung des SMART-Trainings bereits auf Basis der psychometrischen Ergebnisse ausgesprochen werden.

Eine ergänzende Voraussetzung für eine noch präzisere Einschätzung der Verletzungssituation ist die standardisierte Durchführung einer MRT-Untersuchung, da diese sowohl eine differenzierte Klassifikation der Verletzungsschwere als auch den Ausschluss relevanter Begleitverletzungen ermöglicht. Eine entsprechende Bildgebung würde im Rahmen der erneuten ärztlichen Vorstellung veranlasst werden. Gleichzeitig ist es jedoch von zentraler Bedeutung, dass Patient:innen frühzeitig Zugang zum SMART-Training erhalten, um Verzögerungen im Rehabilitationsprozess durch diagnostische oder therapeutische Terminverfügbarkeiten zu vermeiden. Ein praktikabler Ablauf wäre daher, dass die Patienten mit auffälligen Cut-off zeitnah erneut ärztlich vorgestellt werden und gleichzeitig ein zeitnahe MRT-Termin organisiert wird. Unmittelbar nach dem Ausfüllen des Fragebogens sollte jedoch bereits mit dem SMART-Training begonnen werden, jedoch zunächst mit risikoarmen Übungen, solange die MRT-Ergebnisse ausstehen.

Die Schulung aller Trainingsdomänen stellt einen strukturierten und klinisch gut begründbaren Einstieg dar und bietet gleichzeitig eine solide Grundlage für eine wirksame Rehabilitation. Vor diesem Hintergrund kann in einer ersten Implementierungsstufe die Empfehlung zur Durchführung des SMART-Trainings bereits auf Basis der psychometrischen Ergebnisse ausgesprochen werden, bevor anschließend eine weitergehende Individualisierung im Verlauf erfolgt.

8. Anhang/Anhänge

- OSGAR I Publikation
- Protokoll-Publikation
- SMART-Broschüre

Mittelwerts-Tabelle + post-hoc CAIT

Zeitpunkt	Gruppe	Mittelwert ± Standardabweichung
T1	SMART	13.6 ± 5.8
	NORMT	13.8 ± 5.4
T2	SMART	24.1 ± 5.3
	NORMT	20.7 ± 5.6
T3	SMART	27.4 ± 3.2
	NORMT	24.9 ± 5.1
T4	SMART	28.8 ± 2.2
	NORMT	27.4 ± 3.0

Post-hoc-Vergleiche - MW-Faktor 1

	Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}
T1 T2	-8.731	0.656	69	-13.302	-1.873	< .001***
T1 T3	-12.475	0.646	69	-19.316	-2.676	< .001***
T1 T4	-14.411	0.639	69	-22.558	-3.092	< .001***
T2 T3	-3.744	0.454	69	-8.246	-0.803	< .001***
T2 T4	-5.679	0.529	69	-10.731	-1.218	< .001***
T3 T4	-1.936	0.369	69	-5.239	-0.415	< .001***

*** p < .001

Hinweis. Ergebnisse sind gemittelt über die Stufen von: Gruppe

Hinweis. P-Wert angepasst, um eine Familie von 6 Schätzern zu vergleichen.

Post-hoc-Vergleiche - Gruppe * MW-Faktor 1

	Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}	
SMART, T1	NORMT, T1	-0.244	1.334	69	-0.183	-0.052	1.000
	SMART, T2	-10.515	0.960	69	-10.949	-2.256	< .001***
	NORMT, T2	-7.191	1.317	69	-5.460	-1.543	< .001***
	SMART, T3	-13.818	0.945	69	-14.623	-2.965	< .001***
	NORMT, T3	-11.376	1.201	69	-9.470	-2.441	< .001***
	SMART, T4	-15.242	0.935	69	-16.307	-3.270	< .001***
	NORMT, T4	-13.823	1.067	69	-12.950	-2.966	< .001***
NORMT, T1	SMART, T2	-10.271	1.314	69	-7.814	-2.204	< .001***
	NORMT, T2	-6.947	0.895	69	-7.763	-1.490	< .001***
	SMART, T3	-13.574	1.180	69	-11.505	-2.912	< .001***
	NORMT, T3	-11.132	0.881	69	-12.641	-2.388	< .001***
	SMART, T4	-14.998	1.021	69	-14.690	-3.218	< .001***
	NORMT, T4	-13.579	0.871	69	-15.589	-2.913	< .001***

Post-hoc-Vergleiche - Gruppe * MW-Faktor 1

		Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}
SMART, T2	NORMT, T2	3.324	1.297	69	2.562	0.713	.353
	SMART, T3	-3.303	0.664	69	-4.973	-0.709	< .001***
	NORMT, T3	-0.860	1.180	69	-0.729	-0.185	1.000
	SMART, T4	-4.727	0.774	69	-6.105	-1.014	< .001***
	NORMT, T4	-3.308	1.043	69	-3.171	-0.710	.063
NORMT, T2	SMART, T3	-6.627	1.161	69	-5.709	-1.422	< .001***
	NORMT, T3	-4.184	0.619	69	-6.760	-0.898	< .001***
	SMART, T4	-8.051	0.999	69	-8.060	-1.727	< .001***
	NORMT, T4	-6.632	0.722	69	-9.190	-1.423	< .001***
SMART, T3	NORMT, T3	2.443	1.027	69	2.377	0.524	.566
	SMART, T4	-1.424	0.541	69	-2.635	-0.306	.291
	NORMT, T4	-0.005	0.867	69	-0.006	-0.001	1.000
NORMT, T3	SMART, T4	-3.867	0.840	69	-4.602	-0.830	< .001***
	NORMT, T4	-2.447	0.504	69	-4.858	-0.525	< .001***
SMART, T4	NORMT, T4	1.419	0.634	69	2.238	0.305	.797

* p < .05, *** p < .001

Hinweis. P-Wert angepasst, um eine Familie von 28 Schätzern zu vergleichen.

Mittelwerts-Tabelle + post-hoc FAAM

Zeitpunkt	Gruppe	Mittelwert ± Standardabweichung
T1	SMART	57.4 ± 21.7
	NORMT	60.4 ± 19.7
T2	SMART	86.2 ± 13.6
	NORMT	83.5 ± 13.4
T3	SMART	96.0 ± 9.2
	NORMT	97.7 ± 8.2
T4	SMART	97.9 ± 3.6
	NORMT	97.1 ± 3.4

Post-hoc-Vergleiche - MW-Faktor 1

		Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}
T1	T2	-25.928	2.144	59	-12.092	-1.963	< .001***
	T3	-35.484	2.364	59	-15.009	-2.687	< .001***
	T4	-38.651	2.514	59	-15.374	-2.927	< .001***
T2	T3	-9.556	1.365	59	-7.002	-0.724	< .001***
	T4	-12.723	1.547	59	-8.226	-0.963	< .001***
T3	T4	-3.167	0.914	59	-3.467	-0.240	.006**

** p < .01, *** p < .001

Hinweis. Ergebnisse sind gemittelt über die Stufen von: Gruppe

Hinweis. P-Wert angepasst, um eine Familie von 6 Schätzern zu vergleichen.

Mittelwerts-Tabelle + post-hoc FAAM-ADL

Zeitpunkt	Gruppe	Mittelwert ± Standardabweichung
T1	SMART	67.0 ± 23.2
	NORMT	67.7 ± 18.4
T2	SMART	92.6 ± 10.6
	NORMT	87.4 ± 12.5
T3	SMART	98.2 ± 5.4
	NORMT	95.5 ± 6.1
T4	SMART	99.2 ± 2.1
	NORMT	98.3 ± 3.3

Post-hoc-Vergleiche - MW-Faktor 1

		Mittelwerts-differenz	95%-KI für Mittelwertdifferenz		Standardfehler	df	t	Cohens d	95% KI für Cohens d		p _{Bonf}
			Untergrenze	Obergrenze					Untergrenze	Obergrenze	
T1	T2	22.642	28.219	17.066	2.050	66	11.045	-1.835	-2.462	-1.208	< .001***
	T3	29.497	35.754	23.239	2.301	66	12.822	-2.391	-3.151	-1.631	< .001***
	T4	31.370	38.048	24.692	2.455	66	12.778	-2.543	-3.352	-1.733	< .001***
T2	T3	-6.854	-9.970	-3.738	1.145	66	-5.984	-0.556	-0.840	-0.271	< .001***
	T4	-8.727	12.359	-5.095	1.335	66	-6.536	-0.707	-1.046	-0.369	< .001***
T3	T4	-1.873	-3.528	-0.218	0.608	66	-3.079	-0.152	-0.291	-0.013	.018*

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Hinweis. Ergebnisse sind gemittelt über die Stufen von: Gruppe

Hinweis. P-Wert und Konfidenzintervalle angepasst, um eine Familie von 6 zu vergleichen (Konfidenzintervalle angepasst mit der bonferroni Methode).

Mittelwerts-Tabelle + post-hoc FAAM-Sport

Zeitpunkt	Gruppe	Mittelwert ± Standardabweichung
T1	SMART	34.0 ± 22.9
	NORMT	43.6 ± 26.2
T2	SMART	75.7 ± 20.6
	NORMT	73.7 ± 20.0
T3	SMART	93.0 ± 10.1
	NORMT	86.2 ± 16.9
T4	SMART	95.0 ± 8.7
	NORMT	94.1 ± 8.4

Post-hoc-Vergleiche - MW-Faktor 1

		Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}
T1	T2	-35.958	2.761	61	-13.024	-2.001	< .001***
	T3	-50.833	2.905	61	-17.498	-2.829	< .001***
	T4	-55.791	2.912	61	-19.157	-3.105	< .001***
T2	T3	-14.876	1.959	61	-7.595	-0.828	< .001***
	T4	-19.833	2.161	61	-9.178	-1.104	< .001***
T3	T4	-4.958	1.255	61	-3.949	-0.276	.001**

** p < .01, *** p < .001

Hinweis. Ergebnisse sind gemittelt über die Stufen von: Gruppe

Hinweis. P-Wert angepasst, um eine Familie von 6 Schätzern zu vergleichen.

Post-hoc-Vergleiche - Gruppe * MW-Faktor 1

		Mittelwertsdifferenz	Standardfehler	df	t	Cohens d	p _{Bonf}
SMART, T1	NORMT, T1	-9.609	6.232	61	-1.542	-0.535	1.000
	SMART, T2	-41.733	3.996	61	-10.443	-2.322	< .001***
	NORMT, T2	-39.791	5.725	61	-6.950	-2.214	< .001***
	SMART, T3	-59.000	4.205	61	-14.031	-3.283	< .001***
	NORMT, T3	-52.276	5.134	61	-10.183	-2.909	< .001***
	SMART, T4	-61.067	4.216	61	-14.486	-3.398	< .001***
	NORMT, T4	-60.124	4.748	61	-12.663	-3.346	< .001***
NORMT, T1	SMART, T2	-32.124	5.672	61	-5.663	-1.788	< .001***
	NORMT, T2	-30.182	3.810	61	-7.921	-1.680	< .001***
	SMART, T3	-49.391	5.011	61	-9.857	-2.749	< .001***
	NORMT, T3	-42.667	4.009	61	-10.642	-2.374	< .001***
	SMART, T4	-51.458	4.573	61	-11.252	-2.864	< .001***
	NORMT, T4	-50.515	4.019	61	-12.568	-2.811	< .001***
SMART, T2	NORMT, T2	1.942	5.110	61	0.380	0.108	1.000
	SMART, T3	-17.267	2.835	61	-6.091	-0.961	< .001***
	NORMT, T3	-10.542	4.437	61	-2.376	-0.587	.578
	SMART, T4	-19.333	3.128	61	-6.181	-1.076	< .001***
	NORMT, T4	-18.391	3.984	61	-4.616	-1.023	< .001***
NORMT, T2	SMART, T3	-19.209	4.364	61	-4.402	-1.069	.001**
	NORMT, T3	-12.485	2.703	61	-4.619	-0.695	< .001***
	SMART, T4	-21.276	3.854	61	-5.521	-1.184	< .001***
	NORMT, T4	-20.333	2.982	61	-6.818	-1.132	< .001***
SMART, T3	NORMT, T3	6.724	3.553	61	1.893	0.374	1.000
	SMART, T4	-2.067	1.817	61	-1.137	-0.115	1.000
	NORMT, T4	-1.124	2.968	61	-0.379	-0.063	1.000
NORMT, T3	SMART, T4	-8.791	2.903	61	-3.028	-0.489	.101
	NORMT, T4	-7.848	1.732	61	-4.530	-0.437	< .001***
SMART, T4	NORMT, T4	0.942	2.148	61	0.439	0.052	1.000

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Hinweis. P-Wert angepasst, um eine Familie von 28 Schätzern zu vergleichen.

Referenzen

Anandacoomarasamy, A. and L. Barnsley (2005). "Long term outcomes of inversion ankle injuries." British journal of sports medicine **39**(3): e14-e14.

Attenborough, A. S., et al. (2014). "Chronic ankle instability in sporting populations." Sports Medicine **44**(11): 1545-1556.

Best, R., et al. (2011). "Aktuelle und neue Konzepte in der Behandlung akuter Außenbandverletzungen des Sprunggelenkes." Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin **62**(3).

Delahunt, E., et al. (2018). "Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the International Ankle Consortium." British journal of sports medicine **52**(20): 1304-1310.

Doherty, C., et al. (2017). "Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: an overview of systematic reviews with meta-analysis." British journal of sports medicine **51**(2): 113-125.

Donovan, L. and J. Hertel (2012). "A new paradigm for rehabilitation of patients with chronic ankle instability." The Physician and sportsmedicine **40**(4): 41-51.

Ergen, E. and B. Ulkar (2008). "Proprioception and ankle injuries in soccer." Clinics in sports medicine **27**(1): 195-217.

Gribble, P. A., et al. (2016). "Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains." British journal of sports medicine **50**(24): 1496-1505.

Gribble, P. A., et al. (2013). "Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium." journal of orthopaedic & sports physical therapy **43**(8): 585-591.

Hertel, J. (2002). "Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability." Journal of athletic training **37**(4): 364.

Hiller, C. E., et al. (2012). "Prevalence and impact of chronic musculoskeletal ankle disorders in the community." Archives of physical medicine and rehabilitation **93**(10): 1801-1807.

Martin, R. L., et al. (2005). "Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)." Foot & ankle international **26**(11): 968-983.

Miklovic, T. M., et al. (2018). "Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction." The Physician and sportsmedicine **46**(1): 116-122.

Polzer, H., et al. (2012). "Diagnosis and treatment of acute ankle injuries: development of an evidence-based algorithm." Orthopedic reviews **4**(1).

Raeder, C., et al. (2021). "Delayed functional therapy after acute lateral ankle sprain increases subjective ankle instability—the later, the worse: a retrospective analysis." BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation **13**(1): 1-9.

Tennler, J., et al. (2023). "Effectiveness of the SMART training intervention on ankle joint function in patients with first-time acute lateral ankle sprain: study protocol for a randomized controlled trial." Trials **24**(1): 162.

Vuurberg, G., et al. (2018). "Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline." British journal of sports medicine **52**(15): 956-956.

Wright, C. J., et al. (2017). "Establishing the minimal clinical important difference and minimal detectable change for the Cumberland Ankle Instability Tool." Archives of physical medicine and rehabilitation **98**(9): 1806-1811.