Die Optimierung des Übergangs von der Hallen- zur Beachsaison verbessert die motorische Leistung von Beachhandball-Elitespielern [1]

Eric Eils [1], korrespondierender Autor,

Svenja Wirtz [1,]

Yannick Brodatzki [1],

Karen Zentgraf [3]

Dirk Büsch [2]

Sebastian Szwajca [1]

[1] Institut für Sport und Bewegungswissenschaften, Universität Münster, Deutschland

[2] Institut für Sportwissenschaft, Universität Oldenburg, Deutschland

[3] Institut für Sportwissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, Deutschland

Korrespondenz an:

Prof. Dr. Eric Eils,
Institut für Sport und Bewegungswissenschaften,
Universität Münster,
Horstmarer Landweg 62b,
48149 Münster, Deutschland
Telefon: ++49-251-8332468
Fax: ++49-251-8332466
E-Mail: eils@uni-muenster.de

[1] Bitte beachten Sie, dass die deutsche Übersetzung des Artikels angefertigt wurde, um den nicht-englisch sprechenden Leser*innen Zugang zum Dokument zu ermöglichen. Diese finale Übersetzung des Dokumentes wurde nach dem Reviewprozess der englischen Version mit Hilfe einer Übersetzungssoftware durchgeführt und nicht weiter kontrolliert. Maßgeblich sind demnach die Inhalte der englischen Originalversion, auf die auch immer verwiesen werden sollte.

Abstrakt

Bei Beachhandballathleten überschneiden sich in der Vorbereitungsphase auf die Beach- und Hallensaison mehrere Wochen. Diese Übergangsphase von der Halle in den Sand ist entscheidend für das Leistungsniveau der Spieler sowohl auf dem Sand- als auch in der Halle, aber sowohl Trainer als auch Athleten sind über mögliche Leistungseinbußen beim Training auf dem Sandplatz besorgt, während sie noch in der Halle spielen. Daher wollten wir die Auswirkungen einer spezifischen Übergangsphase von der Hallen- zur Beachsaison bei Elite-Beachhandballern untersuchen. Bei den 29 an der Studie teilnehmenden Spitzensportlern wurden die Sprung- (Countermovement- und Drop Jump), Sprintleistungen (5-10-20 m) und ein handballspezifischer Agilitätstest sowohl auf festem als auch auf sandigem Untergrund durchgeführt. Darüber hinaus wurde ein Drop Long Jump auf einer Sandfläche bewertet. Die vertikale Sprungleistung wurde mit einem 3D-Marker-basierten System sowohl auf festem als auch auf sandigem Untergrund unter standardisierten Laborbedingungen analysiert. Alle Tests fanden direkt vor und nach einem 6-wöchigen Interventionsprogramm statt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Athleten der Interventionsgruppe ihre Sprungleistung im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verbesserten. Darüber hinaus wurde die Leistung auf festem Untergrund nicht nur bei allen Tests beibehalten, sondern auch beim Countermovement Jump signifikant gesteigert. Das Interventionsprogramm ist wirksam, um die Leistung beim Übergang von der Hallen- zur Beachsaison zu verbessern, ohne die Leistung in der Halle zu beeinträchtigen.

Schlüsselwörter:

Sportmotorische Leistungsfähigkeit, Experten, Intervention, Diagnostik, Spieluntergründe

Einführung

Beachhandball, als relativ neue Sportart, die in den 1990er Jahren entwickelt wurde, basiert auf dem Mannschaftshandball in der Halle, und Europa- und Weltmeisterschaften der Sportart gewinnen ständig an Aufmerksamkeit. Beachhandball ist sogar als olympische Disziplin im Gespräch (Gruić, 2011; Handball-World.com, 2019; Iannaccone et al., 2022). Das Spiel unterscheidet sich deutlich von seiner Hallenversion durch die Spielfläche (Sand), die Spielfeldgröße (27 m x 12 m), die Anzahl der Spieler auf dem Feld (4x4) und die Spieldauer (2x10 min). Ein weiterer Unterschied liegt in der Wurftechnik und dem Zählsystem, da bestimmte Würfe mit zwei Punkten gewertet werden. Der Spin-Shot (ein beidbeiniger Sprung mit 360°-Drehung um die Längsachse) wird überwiegend zum Torerfolg eingesetzt, und die Mannschaften können mit Kempawürfen und Spezialtoren (Torhüter) doppelt punkten.

Die Fachliteratur zum Beachhandball wächst ständig und entwickelt sich weiter, was auf eine zusätzliche Professionalisierung hinweist (Bon & Pori, 2020). Der Fokus reicht z.B. von Spielanalysen (Iannaccone et al., 2022; Navarro et al., 2018), Spielerprofilen (Lemos et al., 2020), Technik- und positionsspezifischen Analysen (Lemos et al., 2021; Navarro et al., 2018; Zapardiel & Asín-Izquierdo, 2020), Belastungsmessungen (Iannaccone et al., 2022; Muller et al., 2022), physiologische und kinematische Anforderungen des Beachhandballs (Pueo et al., 2017) und Überlegungen zum Energieverbrauch auf Sandoberflächen (Balasas et al., 2013). Darüber hinaus zeigt eine aktuelle Meta-Analyse, dass Trainingseinheiten auf Sand die Sprint- und Sprungleistung auf festem Boden ebenso stark verbessern können wie das Training auf festem Boden (Pereira et al., 2021).

In Deutschland wird Beachhandball auf höchster Ebene derzeit fast ausschließlich von Hallenhandballer*innen betrieben. Eine Folge für Sportler, die sowohl Hallen- als auch Beachhandball spielen, ist, dass sich die Hallen- und Beachsaison überschneiden werden: Im Frühjahr, wenn die Sportler mit der Vorbereitung auf Beachhandball beginnen müssen,

befinden sie sich noch in der Wettkampfphase der Hallenhandballsaison. Außerdem können sich die Beachhandball-Turniere im Spätsommer mit der Vorbereitung der Sportler auf die kommende Hallensaison überschneiden. Daher sind die Übergangsphasen, in denen die Athleten zwischen den verschiedenen Belägen wechseln, für das Leistungsniveau und die Verletzungsprävention von entscheidender Bedeutung. Unter diesem Gesichtspunkt muss der Übergang frühzeitig, d. h. vor dem Ende der jeweiligen Saison, eingeleitet werden, damit sich die Sportler reibungslos an die Anforderungen der neuen Beläge anpassen können.

Trainer und Athleten sind möglicherweise zögerlich Training auf Sandbelägen durchzuführen weil sie befürchten, dass es sich negativ auf die Leistung auf festen Untergründen auswirkt und ebenfalls zeitaufwendig ist, obwohl ein leistungssteigerndes Training auf Sandbelägen die Ergebnisse auf beiden Belägen verbessern kann (Ahmadi et al.; Hammami et al., 2020; Pereira et al., 2021). Unter diesem Gesichtspunkt steigert eine optimale Trainingsintervention die Sprung-, Sprint- und Agilitätssleistung auf festem und sandigen Oberflächen, wobei der Anteil der Sandübungen in den Trainingseinheiten im Laufe der Zeit zunimmt. In neueren Artikeln, systematischen Übersichten und Metaanalysen wurde plyometrisches Training[2], das auch als reaktives Krafttraining bezeichnet wird, zur Verbesserung der Sprung-, Sprint- und Agilitätsleistung in Mannschaftssportarten empfohlen (Asadi et al., 2016; Granacher et al., 2018; Markovic, 2007; Ramirez-Campillo et al., 2020; Saez de Villarreal et al., 2012; Slimani et al., 2016). Darüber hinaus scheint die Wirksamkeit solcher Trainingseinheiten sowohl für feste als auch für weiche (insbesondere sandige) Oberflächen zu gelten (Arazi, Mohammadi, & Asadi, 2014; Büsch, Pabst, Mühlbauer, Ehrhardt, & Granacher, 2015; Impellizzeri et al., 2008).

[2] Da "plyometrisch" per Definition nur die Streckphase der Muskelaktion beschreibt, ist der Begriff "reaktive Kraft" besser geeignet, um Muskelaktionen zu beschreiben, die im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) stattfinden.

Folglich könnten Reaktivkraftübungen als Grundlage für ein Übergangstraining empfohlen werden, das im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung steht.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, eine Übergangsphase von der Hallen- zur Beachsaison zu evaluieren, um die motorische Leistung auf Sandoberflächen bei Elite-Beachhandballern zu verbessern. Das Interventionsprogramm bestand aus spezifischen reaktiven Kraftübungen, wobei der Anteil der sandbezogenen Übungen wöchentlich schrittweise erhöht wurde. Die komplexe Sandoberfläche wurde für die standardisierten Messungen der vertikalen Sprünge in eine kontrollierte Laborsituation übertragen. Unsere Hypothese war, dass das Interventionsprogramm die motorische Leistung (Sprung, Sprint, Agilität) auf der Sandoberfläche in der Interventionsgruppe (Elite-Beachhandballer) im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe (Elite-Mannschaftshandballer, die nicht am Interventionsprogramm teilnahmen) signifikant steigern würde, ohne dass die Leistung in der Halle abnimmt.

Methoden

Teilnehmende

Neunundzwanzig Spitzensportler (11 Männer, 18 Frauen) nahmen an der Studie teil (Tab. 1). Alle Spieler spielten Beach- oder Hallenhandball auf einem hohen Leistungsniveau. Die Interventionsgruppe bestand aus fünfzehn Beachhandballspielern der deutschen Beachhandball-Nationalmannschaft (7 männlich, 8 weiblich). Da die meisten Nationalspieler auch aktiv Hallenhandball in der 2. und 3. deutschen Bundesliga spielten, wurde die Kontrollgruppe ebenfalls aus der 2. und 3. deutschen Hallenhandball-Bundesliga ausgewählt. Die Kontrollgruppe bestand aus vierzehn Spielern (4 männlich, 10 weiblich). Die Probanden waren vor und während des Studienverlaufs verletzungsfrei. Vor der Teilnahme unterschrieben alle Sportler eine Einverständniserklärung. Die Studie wurde von der lokalen Ethikkommission

des Fachbereichs Psychologie und Sportwissenschaften der Universität Münster genehmigt (ID: 2018-03-EE), und alle Verfahren wurden in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

Trainingsintervention

Die Intervention wurde an ein von Bansa et al. vorgestelltes Programm angepasst (Bansa, Novakovic, Pfänder, Zentgraf, & Büsch, 2018). Es wurde zweimal pro Woche durchgeführt (mit einer 48-stündigen Pause zwischen den Sitzungen) und bestand aus sechs verschiedenen Übungen, die direkt vor den normalen Trainingsroutinen durchgeführt wurden. Die gesamte Trainingseinheit dauerte nach einer kurzen Aufwärmphase 20 Minuten, und jede Übung wurde 45 Sekunden lang ausgeführt, gefolgt von einer 30-sekündigen Pause, bevor die Probanden mit der nächsten Übung fortfuhren. Der Sandanteil der Übungen wurde von Woche zu Woche erhöht, d. h. eine der sechs Übungen wurde in der ersten Woche auf Sand durchgeführt, und in der letzten Woche des Interventionsprogramms wurden alle sechs Übungen auf Sand durchgeführt. Die reaktivkraftähnlichen Übungen sind ausführlicher in Tabelle 2 beschrieben. Die korrekte Durchführung des Trainings wurde von den Trainern kontrolliert. Ziel der Intervention war es, die Leistung der Athleten auf Sand zu steigern, ohne ihre Leistung in der Halle auf festem Untergrund zu beeinträchtigen. Die Intervention begann vier Wochen vor dem Ende der Hallensaison und endete zwei Wochen nach dem Beginn der Beachsaison.

Messungen

In einem eigens angefertigten Sandkasten (Größe 1,25 m x 1,25 m x 0,3 m) wurde die Sandoberfläche ins Labor übertragen, um die Countermovement Jumps (CMJ) und Drop Jumps (DJ) der Athleten aus einer Höhe von 40 cm zu analysieren (Abb. 1). Der Sand erfüllte die Vorgaben des Deutschen Beachvolleyball-Verbandes für Hallensand (Korngröße: 0,1-1,0 mm;

Kornform: rundlich bis abgerundet; Kornverteilung: gleichmäßig; $CaCO3 \leq 2\text{-}3\%$; $SiO2 \geq 95\text{-}98\%$) (Borrmann et al., 2009).

Zur Messung der Sprunghöhe wurde ein reflektierender Ballmarker auf dem unteren Rücken der Athleten in Höhe des Bauchnabels angebracht. Die Koordinaten des Markers wurden mit einem dreidimensionalen Motion-Capture-System (Qualisys, Göteborg, Schweden) erfasst. Für jeden Athleten wurden mindestens drei erfolgreiche Versuche gemessen und für jede der vier Bedingungen (CMJ und DJ auf festen und sandigen Oberflächen) analysiert.

Die Sprintleistung (5-10-20 m) sowie ein handballspezifischer Agilitätstest (HAST) (Vieira, Veiga, Carita, & Petroski, 2013) wurden sowohl auf festen als auch auf sandigen Oberflächen durchgeführt. Die Sprintleistung wurde mit magnetischen Zeitmessgeräten (Smartrack Diagnostics, Humotion GmbH, Münster, Deutschland) gemessen. Die HAST-Zeit wurde mit Hilfe eines Lichttorsystems (wk Elektronische Zeitmessanlagen, Ditzingen, Deutschland) gemessen. Um die reaktive Weitsprungleistung auf Sand zu messen, führten die Athleten zusätzlich Drop-Long Jumps (DLJ) durch, die mit einem Maßband gemessen wurden.

Für jeden Athleten wurden in jedem Test drei erfolgreiche Versuche gemessen, und der beste Versuch wurde für die weitere Analyse verwendet.

Testverfahren

Vor dem Test absolvierten die Athleten eine standardisierte und angeleitete Aufwärm- und Dehnungseinheit von 20 Minuten. Die Teams wurden dann in kleinere Untergruppen aufgeteilt. Eine Untergruppe führte die Sprint-, Agilitäts- und DLJ-Tests durch, während die andere Untergruppe die Sprungtests im Labor absolvierte. Der Reflexionsmarker wurde am unteren Rücken der Probanden befestigt, und sie begannen die Sprunganalyse. Aus organisatorischen Gründen wurden die Reihenfolge der Sprünge und die Oberflächen pseudo-randomisiert, d. h.

die Athleten begannen mit einer Oberfläche, führten beide Sprünge aus und wechselten dann zur nächsten Oberfläche. Jeder Proband hatte zwei Versuche, um sich mit der Sprungart und der Oberfläche vertraut zu machen. Die Anweisungen für beide Sprünge waren standardisiert und wurden für jeden Sprungdurchgang wiederholt. Falsch ausgeführte Sprünge wurden sofort korrigiert. Zwischen den Versuchen und Tests wurden Ruhepausen eingelegt, um Ermüdungseffekte zu vermeiden.

Für die Bewertung des Sprints erfolgte der Start 1 m hinter dem ersten magnetischen Tor. Die Probanden initiierten den Sprint auf selbstgesteuerte Weise. Die Zeitaufzeichnung begann, als der Athlet die Magnetschranken passierte, und die Sprint-Zwischenzeiten wurden für 5 m, 10 m und die gesamte 20-m-Distanz gemessen. Beim HAST starteten die Probanden ebenfalls 1 m hinter der Startlinie. Der Drop-Long Jump wurde durchgeführt, indem man sich von einer 20 cm hohen Plattform in den Sand fallen ließ und sofort einen Weitsprung absolvierte. Ruhezeiten zwischen den Versuchen und Tests waren gewährleistet, und die Anweisungen für jeden Test waren standardisiert.

Nach Abschluss des Sprungtests oder des Sprint-, Agilitäts- und DLJ-Tests wechselten die Gruppen die Tests. Jede Leistungsmessung zu Beginn und am Ende der gesamten Intervention wurde für jede Mannschaftsgruppe durchgeführt, d. h. für die weiblichen und männlichen Beachhandball-Nationalspieler und die beiden Kontrollmannschaften (eine für die männliche Mannschaft, eine für die weibliche Mannschaft).

Analyse der Daten

Die Datenverarbeitung und Datenanalyse für alle Sprünge erfolgte mit dem Qualisys Track Manager und MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, USA). Die Sprunghöhe wurde anhand der Flugbahn des Rückenmarkers ermittelt (Differenz zwischen maximaler Höhe und

Standhöhe). Die Sprint- und HAST-Zeiten wurden direkt in ein Excel®-Tabellenblatt exportiert.

Eine a priori erforderliche Stichprobengrößenberechnung wurde mit G*Power (Version 3.1.9.6) durchgeführt und ergab eine Stichprobengröße von n=28 (mittlere Effektgröße f=0,25, Power=0,8, Korrelationen zwischen wiederholten Messungen=0,6, Anzahl der Gruppen=2, Anzahl der Messungen=2 und $\propto$=0,05) (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). Die statistische Analyse (Jamovi Version 1.2, Jamovi-Projekt: https://www.jamovi.org) wurde mittels eines gemischten Modells (ANOVA) durchgeführt, das die Faktoren *Zeit* (vor, nach) und *Oberfläche* (starr, Sand) sowie einen Faktor *Gruppe* (Intervention, Kontrolle) zwischen den Probanden verwendete. Für die Post-hoc-Analyse wurde die Holm-Korrektur verwendet. Das Alpha-Niveau wurde auf 5 % festgelegt und die Effektgrößen wurden als verallgemeinertes Eta-Quadrat angegeben. Die Größenordnung der Effektstärken wurde nach folgenden Kriterien interpretiert: <.02 (klein), .02-.13 (mittel), .13-.26 (groß) (Bakeman, 2005).

Ergebnisse

Die Ergebnisse für Sprünge (Vertikal- und Drop-Long Jump), Sprints und Agilität sind in Tabelle 3 dargestellt.

<u>Leistung beim Springen</u>

Die Ergebnisse der ANOVA für den CMJ zeigten eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27) = 14.16$, $p<.001$, $\eta^2G=.01$), einen signifikanten Haupteffekt *Oberfläche* ($F(1,27)=11.67$, $p=.002$, $\eta^2G<.01$), und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* ($F(1,27)=4.86$, $p=.036$, $\eta^2G=.15$). Die Post-hoc-Analyse von *Zeit*Fläche*Gruppe* ergab, dass die Interventionsgruppe die Leistung im CMJ auf festem Untergrund im Vergleich zur Kontrollgruppe aufgrund der Trainingsintervention signifikant verbesserte (p=.002). Für den

DJ zeigte die ANOVA eine nicht-signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27)=3.63$, $p=.07$, $\eta^2G=.01$), einen signifikanten Haupteffekt für die *Oberfläche* ($F(1,27)=9.47$, $p=.005$, $\eta^2G=.03$) und einen signifikanten Haupteffekt für die *Gruppe* ($F(1,27)=4.28$, $p=.048$, $\eta^2G=.11$). Die Ergebnisse sind in Abb. 2 auf individueller Basis dargestellt. Sie zeigen, dass sich mehrere, aber nicht alle Athleten in der Interventionsgruppe zwischen Vor- und Nachtest verbessert haben.

Leistung beim Sprinten

Die Ergebnisse der ANOVA für den 5-m-Sprint zeigten eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27)=5.73$, $p=.024$, $\eta^2G=.003$), eine signifikante Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ($F(1,27)=7.54$, $p=.011$, $\eta^2G=.010$), einen signifikanten Haupteffekt *Oberfläche* ($F(1,27)=558.22$, $p<.001$, $\eta^2G=.44$) und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* ($F(1,27)=6.14$, $p=.020$, $\eta^2G=.172$). Die Analyse der Art der Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ergab eine ordinale Interaktion; somit sind beide Haupteffekte *Oberfläche* und *Gruppe* voll interpretierbar. Die Post-hoc-Analyse von *Zeit*Gruppe*Oberfläche* ergab, dass beide Gruppen ihre Leistung durch die Trainingsintervention nicht auf jeder Oberfläche (Halle, Sand) separat verbesserten. Die Post-hoc-Analyse von *Oberfläche*Gruppe* und den Haupteffekten *Oberfläche* und *Gruppe* ergab, dass die Leistung auf der Sandoberfläche für beide Gruppen im Vergleich zum festen Untergrund signifikant niedriger war ($p<.001$), aber dieser Leistungsunterschied für die Interventionsgruppe war kleiner als der der Kontrollgruppe und auf Sand deutlicher als auf einer rigiden Oberfläche.

Die Ergebnisse der ANOVA für den 10-m-Sprint zeigten eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27)=11.05$, $p=.003$, $\eta^2G=.006$), eine signifikante Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ($F(1,27)=11.69$, $p=.002$, $\eta^2G=.010$), einen signifikanten Haupteffekt *Oberfläche* ($F(1,27)=959.64$, $p<.001$, $\eta^2G=.46$), eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und

Oberfläche (F(1,27)=5.58, p=.026, η^2G=.003) und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* (F(1,27)=5.82, p=.023, η^2G=.169). Die Analyse der Art der Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ergab ebenfalls eine ordinale Interaktion, so dass die beiden Haupteffekte *Oberfläche* und *Gruppe* voll interpretierbar sind. Die Post-hoc-Analyse von *Zeit*Gruppe*Oberfläche* ergab, dass die Leistung der Kontrollgruppe auf einer Sandoberfläche nach dem Interventionszeitraum signifikant abnahm (p=.043), während die Leistung der Interventionsgruppe auf demselben Niveau blieb. Eine zusätzliche Analyse von *Zeit*Oberfläche* und den Haupteffekten *Oberfläche* und *Gruppe* ergab, dass die Leistung auf der Sandoberfläche für beide Gruppen im Vergleich zur festen Oberfläche signifikant niedriger war (p<.001), aber für die Sandoberfläche blieb die Leistung der Interventionsgruppe auf dem gleichen Niveau, während die Leistung der Kontrollgruppe zwischen Vor- und Nachtest abnahm.

Die Ergebnisse der ANOVA für den 20-m-Sprint zeigten eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* (F(1,27)=10.50, p=.003, η^2G< .01), eine signifikante Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* (F(1,27)=10.68, p=. 003, η^2G=. 014), einen signifikanten Haupteffekt *Oberfläche* (F(1,27)=723.82, p<.001, η^2G=. 49) und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* (F(1,27)=4.94, p=.035, η^2G=.146). Die Analyse der Art der Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ergab ebenfalls eine ordinale Interaktion, so dass die beiden Haupteffekte *Oberfläche* und *Gruppe* voll interpretierbar sind. Die Post-hoc-Analyse von *Zeit*Gruppe*Oberfläche* ergab, dass in beiden Gruppen keine Leistungsveränderungen zwischen Prä- und Posttests auf jeder Oberfläche separat auftraten, aber wenn man die Leistungen auf beiden Oberflächen zusammen betrachtet, verringerte sich die Leistung der Kontrollgruppe beim Posttest signifikant im Vergleich zum Prä-Test (p=.007). Die Post-hoc-Analyse von *Oberfläche*Gruppe* und den Haupteffekten *Oberfläche* und *Gruppe* ergab, dass die Leistung auf der Sandoberfläche für beide Gruppen signifikant niedriger war (p<.001) als

auf der festen Oberfläche, aber der Leistungsunterschied in der Interventionsgruppe war kleiner als der der Kontrollgruppe und auf einer Sandoberfläche deutlicher als auf festem Untergrund.

Die Ergebnisse auf individueller Basis sind in Abb. 3 dargestellt. Die meisten Athleten in der Interventionsgruppe verbesserten ihre Leistung auf festem Untergrund, aber diese Tendenz war weniger deutlich für den Sanduntergrund.

Agilitätsleistung

Die Ergebnisse der ANOVA zeigten keine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27)<.01$, $p=.949$, $\eta^2G<.001$), einen signifikanten Haupteffekt *Zeit* ($F(1,27)=22.82$, $p<.001$, $\eta^2G=.035$), eine signifikante Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* ($F(1,27)=6.58$, $p=.016$, $\eta^2G=.010$), einen signifikanten Haupteffekt *Oberfläche* ($F(1,27)=188.57$, $p<.001$, $\eta^2G=.22$) und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* ($F(1,27)=4.70$, $p=.039$, $\eta^2G=.132$). Die Post-hoc-Analyse von *Zeit*Gruppe*Oberfläche* ergab, dass die Leistung der Kontrollgruppe auf einer festen Oberfläche nach dem Interventionszeitraum signifikant anstieg ($p=.003$), während die Leistungsverbesserungen in der Interventionsgruppe nicht signifikant waren. Die Post-hoc-Analyse der Haupteffekte *Oberfläche* und *Gruppe* ergab, dass die Leistung auf der Sandoberfläche für beide Gruppen signifikant niedriger war ($p<.001$) als auf Hallenboden, und dass die Agilitätsleistung in der Interventionsgruppe höher war als in der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse auf individueller Basis sind in Abb. 4 (oberer Teil) dargestellt. In der Kontrollgruppe zeigten die meisten Athleten im Posttest eine verbesserte Leistung auf festem Untergrund, aber nicht auf Sand, während die individuelle Leistung in der Interventionsgruppe sowohl auf festen als auch auf sandigen Oberflächen zwischen Vor- und Nachtest variierte.

Weitsprungleistung fallen lassen

Die Analyse der DLJ-Leistung auf der Sandfläche ergab eine signifikante Interaktion zwischen *Zeit* und *Gruppe* ($F(1,27)=4.62$, $p=.041$, $\eta^2G=.010$), einen signifikanten Haupteffekt *Zeit* ($F(1,27)=4.75$, $p=.038$, $\eta^2G=.010$) und einen signifikanten Haupteffekt *Gruppe* ($F(1,27)=12.45$, $p=.002$, $\eta^2G=.303$), wobei nur der Haupteffekt *Gruppe* voll interpretierbar ist. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Interventionsgruppe ihre Leistung aufgrund des Trainings im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant gesteigert hat und dass die Interventionsgruppe ein höheres Leistungsniveau als die Kontrollgruppe erreicht hat. Die Ergebnisse auf individueller Basis sind in Abb. 4 (unterer Teil) dargestellt und zeigen, dass alle Athleten in der Interventionsgruppe ihre Leistung zwischen Prä- und Posttest gesteigert haben, während die Ergebnisse in der Kontrollgruppe unterschiedlich waren.

Diskussion

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, eine Übergangsphase von der Hallen- zur Beachsaison zu evaluieren, um die motorische Leistung auf Sandbelägen bei Beachhandball-Elitesportlern zu optimieren, ohne die motorische Leistung während der laufenden Hallensaison zu verringern. Im Rahmen dieser Studie wurde die Leistung auf festen und sandigen Oberflächen bewertet, um einen direkten Vergleich zwischen den Leistungsniveaus auf beiden Oberflächen zu ermöglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Athleten in der Interventionsgruppe ihre Leistung im CMJ auf der festen Oberfläche und im DLJ auf der Sandoberfläche signifikant verbesserten. Die Kontrollgruppe zeigte keine signifikanten Verbesserungen beim Springen, Sprinten und DLJ, dafür aber eine verbesserte Agilität auf einem festem Untergrund. Daher kann das Interventionsprogramm als wirksames Instrument zur Verbesserung der Leistung beim Übergang von der Hallen- zur Beachsaison für ausgewählte Fähigkeiten angesehen werden. Darüber hinaus wurde die Leistung auf festem Untergrund nicht nur beibehalten, sondern auch im CMJ deutlich gesteigert. Wichtig ist, dass

bei der Betrachtung der individuellen Veränderungen zwischen Prä- und Posttests nur wenige Athleten ihre Leistung deutlich verringerten, was darauf hindeutet, dass die Trainer sich keine Sorgen über Leistungseinbußen auf Hallenboden machen müssen, wenn die Athleten wieder anfangen, auf Sandoberflächen zu trainieren.

Auswirkungen der Intervention

Die Leistungsverbesserungen in unserer Untersuchung waren etwas geringer im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Publikationen (Asadi et al., 2016; Cavala, Rogulj, Srhoj, Srhoj, & Katic, 2008; Chelly, Hermassi, Aouadi, & Shephard, 2014; Cherif et al., 2012;Chimera, Swanik, Swanik, & Straub, 2004; Delecluse, 1997; Ford et al, 1983;Hammami et al., 2020; Iacono et al., 2016;Kotzamanidis, 2006; Markovic, 2007; Saez de Villarreal et al., 2012; Slimani et al., 2016), fallen aber in den Bereich der praktisch relevanten Veränderungen auf festen Untergründen (Markovic 2007), und für die Sandoberfläche liegen die Verbesserungen in einem Bereich von 2-5 %. Der Grund für diese relativ geringen Verbesserungen könnte darin liegen, dass wir einen kürzeren Interventionszeitraum von sechs Wochen anstelle der empfohlenen acht bis zehn Wochen (Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009) durchgeführt haben oder dass wir eine geringere Intensität oder Ausführungszeit angewendet haben (Slimani et al., 2016). Außerdem nahmen, obwohl das Trainingsprogramm von Trainern überwacht wurde, Einzelpersonen und nicht ganze Teams an dem Programm teil, da die Elite-Athleten zu Beginn der Interventionsphase mit ihrem normalen Hallenteam und nicht mit den Beach-Teams trainierten. Daher haben einige Athleten das Training möglicherweise nicht in vollem Umfang genutzt, was den Gesamteffekt der Gruppe schmälert. Dies könnte auch erklären, warum einige Athleten in den Posttests keine Verbesserungen zeigten (Einzelergebnisse in Abb. 2-4). Relevante Leistungsveränderungen, die sich in den

Effektgrößen widerspiegeln, sind jedoch bei CMJ und DLJ offensichtlich, und die Einzelergebnisse zeigen auch, dass die meisten Athleten auf die Intervention reagiert haben.

Im Beachhandball sind sowohl der CMJ als auch der DLJ für die Leistung relevant, da sie die Grundlage für einen effektiven Spin Shot (den wichtigsten Angriffssprung) im Beachhandball bilden (Navarro, Morillo, Reigal, & Hernandez-Mendo, 2018; Saavedra, Pic, Jimenez, Lozano, & Kristjánsdóttir, 2019). Um die unterschiedlichen Effekte der Trainingsintervention in Bezug auf die verschiedenen Sprünge (CMJ, DLJ, DJ) zu erklären, müssen biomechanische Überlegungen miteinbezogen werden. Zuvor wurde gezeigt, dass ein wesentlicher Unterschied in der mechanischen Leistung und der Sprungleistung zwischen dem langsamen (CMJ) und dem schnellen (DJ) Streck-Verkürzungs-Zyklus (SSC) bei Sprüngen besteht (Bobbert, 1990). Der Sand könnte eine spezifische Oberfläche bieten, um den langsamen SSC anzusprechen und somit vor allem die CMJ- oder langsame DLJ-Leistung zu beeinflussen. Es wurde jedoch auch gezeigt, dass reaktives Krafttraining im Sand die DJ-Leistung auf einer festen Oberfläche beeinflusst, aber die zugrunde liegenden Prozesse bleiben unklar (Hammami et al., 2020).

Beim Sprinten wies die Kontrollgruppe bei fast allen Distanzen und auf beiden Untergründen niedrigere Leistungen auf (signifikant auf einem Sanduntergrund bei 10 m). Eine Erklärung für die signifikant niedrigere Leistung der Kontrollgruppe auf der Sandfläche bleibt unklar und spekulativ, da die Bedingungen im Vor- und Nachtest gleich waren. Allerdings könnten sich die Sandbedingungen im Vor- und Nachtest, wenn sie im Freien durchgeführt werden, unterscheiden und somit die Leistung beeinflussen. Mit Ausnahme der Sprunganalyse, bei der die Sandbedingungen vor und nach dem Test im Labor kontrolliert wurden, war eine genaue Kontrolle der Sandbedingungen aufgrund von Wind und Wetter nicht möglich. Obwohl die Wetterbedingungen zwischen Vor- und Nachtest vergleichbar waren, könnte dies die Sprintleistung in der Kontrollgruppe, aber auch in der Interventionsgruppe (die möglicherweise sogar besser abschnitt), beeinflusst haben. Eine weitere Standardisierung hinsichtlich der

Sandfeuchtigkeit, aber auch der Sandqualität (Korngröße und -form) ist entscheidend, um valide Leistungsmessungen auf einer Sandoberfläche in einem Prä-Post-Test-Design zu ermöglichen. Dies wird in weiteren Untersuchungen evaluiert werden.

Methodische Aspekte

Ein Blick auf die Ergebnisse der verschiedenen Tests in unserer Untersuchung zeigt, dass ähnliche Ergebnisse bezüglich der sportlichen Leistung im Sprint und der Agilität im Handball aus anderen Untersuchungen berichtet werden (Asadi et al., 2016; Chaabene et al, 2019; Cherif et al., 2012; Hammami et al., 2020; Hammami, Gaamouri, Aloui, Shephard, & Chelly, 2019; Iacono, Eliakim, & Meckel, 2015; Prieske et al., 2019; Sabido, Hernandez-Davo, Botella, Navarro, & Tous-Fajardo, 2017). Wenn man sich auf Sprünge (CMJ und DJ) konzentriert, ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die in der Literatur berichteten Ergebnisse mit der Methode zusammenhängen, die zur Ermittlung der Sprunghöhe verwendet wird (Kontaktzeiten, Impuls-Momentum-Methode, markerbasierte Koordinaten). Bei der Verwendung von Flugzeiten zur Berechnung der Sprunghöhe sind die Ergebnisse niedriger als bei einem markerbasierten Ansatz oder der Impuls-Momentum-Methode (Moir, 2008), da die anfängliche Markerhöhe höher ist, wenn das Fußgelenk gestreckt und der Körper vor dem Verlassen des Bodens angehoben wird. In Anbetracht dessen sind unsere Ergebnisse für das Springen mit anderen in der Literatur berichteten Ergebnissen vergleichbar (Chaabene et al., 2019; Iacono, Martone, Milic, & Padulo, 2016; Prieske et al., 2019).

In der Literatur wurde die Leistungsdiagnostik hauptsächlich auf einer starren, aber nicht auf einer sandigen Oberfläche durchgeführt, selbst wenn es um die Bewertung der Auswirkungen von sandbezogenen Trainingsinterventionen ging (Hammami et al., 2020; Impellizzeri et al., 2008). Bei Beachsportarten wie Beachhandball oder Volleyball ist es von besonderem Interesse, dass die Leistung auf Sand und nicht auf einer starren Oberfläche bewertet wird, da

dies den sportartspezifischen Leistungsmerkmalen besser entspricht. Leistungsmessungen auf Sandoberflächen sind eine Herausforderung, und in der vorliegenden Untersuchung wurde die Leistung auf beiden Oberflächen bei verschiedenen Sprüngen sowie bei Sprints und Agilität gemessen. Unsere Sprungmessungen in einer standardisierten Laborumgebung sind besonders wichtig, um die auf beiden Oberflächen erzielten Leistungen in Beziehung zu setzen. Daher können unsere Ergebnisse für alle Messungen auf festem und sandigem Untergrund als Referenz für motorische Leistungen im Beachsport verwendet werden.

Bei der Bewertung der Wirksamkeit von Trainingsmaßnahmen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Pre- und Post-Messungen unter denselben oder ähnlichen Bedingungen durchgeführt werden. In der vorliegenden Untersuchung war dies bei allen Sprungmessungen unter Laborbedingungen der Fall. Allerdings mussten wir uns bei der Leistungsbewertung manchmal an unterschiedliche äußere Bedingungen anpassen (z. B. unterschiedliche Testorte usw.), da die Intervention während der Wettkampfphase der Athleten stattfand (z. B. nahmen die Spieler an den Weltmeisterschaften teil). So musste die Interventionsgruppe den Nachtest für Sprint und Agilität auf einem etwas anderen festen und sandigen Untergrund durchführen. Dies könnte die Leistung der Interventionsgruppe im Posttest verringert haben und das Fehlen signifikanter Leistungssteigerungen bei Sprint und Agility erklären.

Die Leistungsbewertung in der Interventionsgruppe fand in Kombination mit mehrtägigen Trainingskursen statt, zu denen die Sportler aus ganz Deutschland anreisten. Aus organisatorischen Gründen fanden die Leistungsmessungen innerhalb dieser Kurse nicht zu den gleichen Tageszeiten statt. Vor jedem Test untersuchten wir sowohl die DOMS- (delayed onset of muscle soreness) als auch die TQR-Skala (total quality recovery), und die Interventionsgruppe zeigte für beide Skalen signifikant veränderte Werte im Prä- gegenüber

dem Posttest. Daher könnten auch ein erhöhter Muskelkater und eine geringere Erholung die Ergebnisse beeinflusst haben, obwohl ein allgemeiner Zusammenhang zwischen DOMS und verminderter Leistung bei Sportlern nicht nachgewiesen wurde (Altarriba-Bartes, Pena, Vicens-Bordas, Mila-Villaroel, & Calleja-Gonzalez, 2020).

Die Athleten der Interventionsgruppe zeigten bei allen Tests bessere Leistungen als die Athleten der Kontrollgruppe, obwohl sie in der gleichen Liga Handball spielen. Dies ist eher unerwartet, da nicht alle Spitzensportler in den Ligen Beachhandball spielen und die statistische Analyse für den Zustand vor dem Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ergab. Die statistische Analyse (signifikante Interaktion *Zeit*Gruppe*) unterstreicht die bessere Leistung der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe als Ergebnis des Interventionsprogramms für fast alle Tests. Bei der Post-hoc-Analyse für die verschiedenen Oberflächen war dieser Effekt jedoch nicht erkennbar. Die Tatsache, dass die Interaktion zwischen *Oberfläche* und *Gruppe* für mehrere Parameter ebenfalls signifikant war, deutet darauf hin, dass Beachsportler auf einer Sandoberfläche bessere Leistungen erbringen als die Kontrollgruppe. In der Tat sind die Beachsportler oft nicht nur auf Sand, sondern auch auf einem starren Untergrund besser, wenn man sich auf die Durchschnitts- und Einzelergebnisse konzentriert. Unter der Annahme, dass dies entweder das Ergebnis der Trainingsintervention oder einer langfristigen Anpassung während der Beacherfahrung der Athleten ist, sollte der Untergrund Sand als wertvolle Trainingsfläche angesehen werden, die in der Lage sein könnte, die Leistung auf Sand, aber auch auf starren Oberflächen zu steigern, obwohl der direkte Wirkungsmechanismus noch unklar ist (Hammami et al., 2020). Zu den Einflussfaktoren gehören möglicherweise eine Kraftsteigerung, eine verbesserte intra- und intermuskuläre Koordination oder Veränderungen der Muskelgröße und -architektur (Markovic & Mikulic, 2010; Prieske et al., 2019; Ramirez-Campillo, Andrade, & Izquierdo, 2013). Das Training auf

Sand wird oft nur als Alternative zu anstrengendem Hallentraining eingesetzt, da es mit geringeren Muskelschäden in Verbindung gebracht wird (Impellizzeri et al., 2008; Miyama & Nosaka, 2004), anstatt als eigenständiger wertvoller Untergrund zur Verbesserung der Leistung auf festem Untergrund betrachtet zu werden. Zukünftige prospektive, randomisierte, kontrollierte Studien, die diese Fähigkeiten und das volle Potenzial einer Sandoberfläche in Bezug auf die Leistungssteigerung hervorheben könnten, sollten in Angriff genommen werden.

Schlussfolgerung

Dies ist die erste Studie, die den Übergang von der Hallen- zur Beachsaison bei Elite-Beachhandballern untersucht. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben mehrere wichtige Implikationen für diese Übergangszeit. Erstens schaffen unsere Ergebnisse eine grundlegende Basis für Leistungsmessungen in Bezug auf Sprung-, Sprint- und Agilityleistungen sowohl für Hart- als auch für Sandbeläge. Zweitens müssen Leistungsmessungen im Beachsport auf einer Sandoberfläche stattfinden, da der Übergang von einem festen Untergrund zur Leistung im Sand noch unklar ist. Drittens wird ein spezifisches Übergangsinterventionsprogramm als wirksames Mittel zur Erleichterung des Übergangs von einer Hallen- zu einer Sandfläche empfohlen, ohne die Leistung auf Hallenuntergrund zu beeinträchtigen. Dies ist von besonderem Interesse für Trainer und Athleten, die befürchten, dass das Training auf einem Sandboden die Leistung in der Halle beeinträchtigen könnte. Viertens sind Leistungsmessungen auf einer Sandfläche anspruchsvoll, und die Eigenschaften des Sandes werden durch die Wetterbedingungen beeinflusst. Der Feuchtigkeitsgehalt und die Eigenschaften des Sandes sollten bei wiederholten Messungen auf Sandflächen berücksichtigt werden.

Danksagung

Diese Studie wurde finanziell durch ein Forschungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (AZ: ZMVI4-070713/ 18-19) gefördert. Die Autoren bedanken sich bei Dr. C. Brennecka für wertvolle Anregungen und das Korrekturlesen des Manuskripts.

Literatur

Ahmadi, M. A.-O., Nobari, H. A.-O., Ramirez-Campillo, R. A.-O., Pérez-Gómez, J. A.-O., Ribeiro, A. A.-O., & Martínez-Rodríguez, A. A.-O. (2021). Effects of Plyometric Jump Training in Sand or Rigid Surface on Jump-Related Biomechanical Variables and Physical Fitness in Female Volleyball Players. LID - 10.3390/ijerph182413093 [doi] LID - 13093. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(24), 13093.

Altarriba-Bartes, A., Pena, J., Vicens-Bordas, J., Mila-Villaroel, R., & Calleja-Gonzalez, J. (2020). Post-competition recovery strategies in elite male soccer players. Effects on performance: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, *15*(10), e0240135. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240135

Arazi, H., Mohammadi, M., & Asadi, A. (2014). Muscular adaptations to depth jump plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interventional medicine & applied science*, *6*(3), 125–130. https://doi.org/10.1556/imas.6.2014.3.5

Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., & Saez de Villarreal, E. (2016). The effects of plyometric training on change-of-direction ability: A meta-analysis. *International journal of sports physiology and performance*, *11*(5), 563–573. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0694

Bakeman, R. (2005). Recommended effect size statistics for repeated measures designs. *Behav Res Methods*, *37*(3), 379-384. https://doi.org/10.3758/bf03192707

Balasas, D. G., Prantsidis, D., Christoulas, K. I., Vamvakoudis, E., Papaevangelou, E., & Stefanidis, P. (2013). The effect of beach volleyball training on running economy and VO2max of indoor volleyball players. *Journal of Physical Education and Sport*, *13*, 33-38.

Bansa, K., Novakovic, A., Pfänder, J., Zentgraf, K., & Büsch, D. (2018). Reaktivkrafttrainingsprogramm für den Übergang von der Halle in den Sand (DHB-Übergangstraining). *Handballtraining*, *40*(4&5), 62-63.

Bobbert, M. F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med*, *9*(1), 7-22. https://doi.org/10.2165/00007256-199009010-00002

Bon, M., & Pori, P. (2020). Various Aspects of the Scientific Development of Beach Handball over Three Decades-from “Keep It Simple” to the Olympic Games. *Sport Mont*, *18*(2), 103-106.

Borrmann, D., Breuer, G., Kummetat, U., Morbach, A., Münster, H., Mund, J., . . . Palmen, M. (2009). *Planung und Bau von Beach-Sportanlagen : eine Orientierungshilfe des Bundesinstitut für Sportwissenschaft* (5 ed.). Bundesinstitut für Sportwissenschaft (

Büsch, D., Pabst, J., Mühlbauer, T., Ehrhardt, P., & Granacher, U. (2015). Effekte plyometrischen Trainings unter Verwendung instabiler Untergründe auf sportmotorische Sprung- und Schnelligkeitsleistungen von Nachwuchsleistungshandballern. *Sportorthopädie, Sporttraumatologie = Sports orthopaedics and traumatology*, *31*(4), S. 299–308.

Chaabene, H., Negra, Y., Moran, J., Prieske, O., Sammoud, S., Ramirez-Campillo, R., & Granacher, U. (2019). Plyometric Training Improves Not Only Measures of Linear Speed, Power, and Change-of-Direction Speed But Also Repeated Sprint Ability in Female Young Handball Players. *J Strength Cond Res*. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003128

Cherif, M., Said, M., Chaatani, S., Nejlaoui, O., Gomri, D., & Abdallah, A. (2012). The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian journal of sports medicine*, *3*(1), 21–28. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3307963/pdf/ASJSM-3-021.pdf

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*, *39*(2), 175-191. https://doi.org/10.3758/bf03193146

Granacher, U., Goebel, R., Behm, D. G., & Büsch, D. (2018). Stretch-shortening cycle exercises in young elite handball players: Empirical findings for performance improvement, injury prevention, and practical recommendations. In L. Laver, P. Landreau, R. Seil, & N. Popovic (Eds.), *Handball Sports Medicine: Basic Science, Injury Management and Return to Sport* (pp. 537-550). Springer.

Gruić, I. V., Dinko ; Bazzeo, Marina ; Ohnjec, Katarina (2011). Situational efficiency of teams in female part of tournament in the world beach handball championship in Cadiz. 6th International Scientific Conference on Kinesiology, Opatija, Croatia

Hammami, M., Bragazzi, N. L., Hermassi, S., Gaamouri, N., Aouadi, R., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2020). The effect of a sand surface on physical performance responses of junior male handball players to plyometric training. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, *12*, 26. https://doi.org/10.1186/s13102-020-00176-x

Hammami, M., Gaamouri, N., Aloui, G., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of Combined Plyometric and Short Sprint With Change-of-Direction Training on Athletic Performance of Male U15 Handball Players. *J Strength Cond Res*, *33*(3), 662-675. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002870

Handball-World.com. (2019). IHF-Präsident Moustafa: "Wir wollen das Olympische Programm um Beachhandball erweitern" [Interview]. *https://www.handball-world.news/o.red.r/news-1-1-24-115287.html*, Date accessed: 30 June 2019. Retrieved 30 June 2019, from

Iacono, A. D., Eliakim, A., & Meckel, Y. (2015). Improving fitness of elite handball players: Small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *Journal of strength and conditioning research : the research journal of the NSCA*, *29*(3), S. 835–843.

Iacono, A. D., Martone, D., Milic, M., & Padulo, J. (2016). Vertical- vs. horizontal-oriented drop jump training: chronic effects on explosive performances of elite handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *31*(4), 921–931.

Iannaccone, A., Fusco, A., Skarbalius, A., Kniubaite, A., Cortis, C., & Conte, D. (2022). Relationship Between External and Internal Load Measures in Youth Beach Handball. *Int J Sports Physiol Perform*, *17*(2), 256-262. https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0225

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., & Wisloff, U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British journal of sports medicine*, *42*(1), 42–46. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.038497

Lemos, L., Nevill, A., Duncan, M. J., De Oliveira, V. C., Pino-Ortega, J., Santos, A., . . . Nakamura, F. (2021). Sport Specific Skills Differentiates Performance Levels Better Than Anthropometric or Physiological Factors in Beach Handball. *Res Q Exerc Sport*, 1-6. https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1902460

Lemos, L. F., Oliveira, V. C., Duncan, M. J., Ortega, J. P., Martins, C. M., Ramirez-Campillo, R., . . . Nakamura, F. Y. (2020). Physical fitness profile in elite beach handball players of different age categories. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *60*(12), 1536-1543.

Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, *41*(6), 349-355; discussion 355. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.035113

Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *40*(10), 859–895. https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000

Miyama, M., & Nosaka, K. (2004). Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J Strength Cond Res*, *18*(2), 206-211. https://doi.org/10.1519/R-13353.1

Moir, G. L. (2008). Three Different Methods of Calculating Vertical Jump Height from Force Platform Data in Men and Women. *Measurement in Physical Education & Exercise Science 12*(4), 207-218.

Muller, C., Willberg, C., Reichert, L., & Zentgraf, K. (2022). External Load Analysis in Beach Handball Using a Local Positioning System and Inertial Measurement Units. *Sensors (Basel)*, *22*(8). https://doi.org/10.3390/s22083011

Navarro, A., Morillo, J. P., Reigal, R. E., & Hernandez-Mendo, A. (2018). Polar coordinate analysis in the study of positional attacks in beach handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *18*(1), 151-167. https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460052

Pereira, L. A., Freitas, T. T., Marín-Cascales, E., Bishop, C., McGuigan, M. R., & Loturco, I. (2021). Effects of Training on Sand or Hard Surfaces on Sprint and Jump Performance of Team-Sport Players: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Strength & Conditioning Journal*, *43*(3). https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2021/06000/Effects_of_Training_on_Sand_or_Hard_Surfaces_on.5.aspx

Prieske, O., Chaabene, H., Puta, C., Behm, D. G., Busch, D., & Granacher, U. (2019). Effects of Drop Height on Jump Performance in Male and Female Elite Adolescent Handball Players. *Int J Sports Physiol Perform*, *14*(5), 674-680. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0482

Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., & Espina Agullo, J. J. (2017). Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. *Journal of sports science & medicine*, *16*(4), 450-458.

Ramirez-Campillo, R., Álvarez, C., García-Pinillos, F., García-Ramos, A., Loturco, I., Chaabene, H., & Granacher, U. (2020). Effects of Combined Surfaces vs. Single-Surface Plyometric Training on Soccer Players' Physical Fitness. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(9), 2644-2653.

Ramirez-Campillo, R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2013). Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *Journal of strength and*

conditioning research, *27*(10), 2714–2722. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280c9e9

Saavedra, J. M., Pic, M., Jimenez, F., Lozano, D., & Kristjánsdóttir, H. (2019). Relationship between game-related statistics in elite men's beach handball and the final result: a classification tree approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *19*(4), 584-594. https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1642040

Sabido, R., Hernandez-Davo, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *Eur J Sport Sci*, *17*(5), 530-538. https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1282046

Saez de Villarreal, E., Requena, B., & Cronin, J. B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, *26*(2), 575–584. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220fd03

Slimani, M., Chamari, K., Miarka, B., Del Vecchio, F. B., & Cheour, F. (2016). Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: A systematic review. *Journal of human kinetics*, *53*, 231–247. https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0026

Vieira, F., Veiga, V., Carita, A. I., & Petroski, E. L. (2013). Morphological and physical fitness characteristics of under-16 Portuguese male handball players with different levels of practice. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *53*(2), 169–176.

Villarreal, E. S., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, *23*(2), 495–506. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318196b7c6

Zapardiel, J. C., & Asín-Izquierdo, I. (2020). Conditional analysis of elite beach handball according to specific playing position through assessment with GPS. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *20*(1), 118-132. https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1718458

Tabelle 1. Anthropometrische Daten der Interventions- und Kontrollgruppen.

Gruppe	**Interventionsgruppe (n=15)**		**Kontrollgruppe (n=14)**		**P-Ebene**
	Mittelwert SD	Bereich	Mittelwert SD	Bereich	
Alter (Jahre)	19.9 3.5	18-31	21.6 3.8	18-30	n.s.
Gewicht (kg)	75.1 10.6	65-99	71.0 11.6	57-98	n.s.
Höhe (cm)	181.5 10.0	165-199	176.4 10.6	166-195	n.s.
Geschlecht (m/w)	7/8		4/10		
Leistungsniveau Hallenhandball	2. und 3. Liga Hallenhandball		2. und 3. Liga Hallenhandball		

Die Unterschiede zwischen den Gruppen (Intervention, Kontrolle) wurden mit dem unabhängigen Student's t-Test getestet.

Tabelle 2. Detailliertes Übergangstraining zwischen Halle und Sand

Exercise	Description	Comments
Double-leg forward-backward jumps	Athletes perform double-leg forward and backward jumps about a line in a pendulum like manner. Maximum speed with keeping ground contact to a minimum is required.	A foam-bar instead a line is used after three weeks of exercises.
Double-leg sideward jumps	Athletes perform double-leg forward and backward jumps about a line in a pendulum like manner. Maximum speed with keeping ground contact to a minimum is required.	A foam-bar instead a line is used after three weeks of exercises.
Vertical double-leg jumps with 180° rotation about longitudinal axis	Athletes perform vertical double-leg jumps while rotating 180° about their longitudinal axis and thrusting the arms upward and extending the body for as much height as possible. Ground contact time should be minimized.	
Alternate-leg diagonal bound	Emphasizing distance and diagonal trajectory, allow the lead leg to do a countermovement jump inward, shifting the weight to the outside leg for a direct push-off and extension while the knee of the leg is drived upwards. The lead foot will land first and the weight is balanced on the leg. Repetition with the other leg in opposite diagonal direction.	
Depth-jump with 180° rotation about longitudinal axis	Drop from an elevated level (box of maximum 40 cm) to the ground, minimize the ground contact time and jump as high as possible while rotating 180° about the longitudinal axis and thrusting the arms upward and extending the body for as much height as possible.	Height of the box should be reduced if athletes are not able to avoid heel contact at first ground contact or when athletes show pronounced knock or bandy knees.
Block-jump with 180° rotation about longitudinal axis following previous sidestep movement	Athletes perform quick sideways steps followed by a block jump at a marked position (three in total). At each mark, a block jump as high as possible while rotating 180° about the longitudinal axis is performed.	

Please note:

- Transition training program should only be performed after a full warm-up and prior to the normal indoor training.
- Transition training program should only be performed with full concentration and highest skill quality.
- Transition training program should be performed twice a week (with a 48-h break between sessions) directly before the normal training routines.
- The complete training bout last 20 minutes after a short warm-up period, and each exercise is performed for 45-s followed by a 30-s break before athletes continue with the next exercise.
- Exercises should be performed in the above presented order.
- The sand proportion of the exercises should progressively increase from week to week, i.e., only exercise one is performed on sand within the first week, and all six exercises were performed on sand in the last week of the intervention program.
- Repetitions: week 1 (6 repetitions, 2 series), week 2 (7 repetitions, 2 series), week 3 (8 repetitions, 2 series), week 4 (6 repetitions, 3 series), week 5 (7 repetitions, 3 series), week 8 (8 repetitions, 3 series).

Tabelle 3. Ergebnisse und Statistiken für Sprung-, Sprint- und Agilitätstests auf festem und sandigem Untergrund.

	Interventionsgruppe				Kontrollgruppe		
Sprunghöhe	Pretest	Posttest	*p*		Pretest	Posttest	*p*
CMJ auf starrer Oberfläche [cm]	43.3±6.8	46.0±6.8	**=.002**	↑	39.6±6.0	38.7±6.0	=1.00
CMJ auf Sandoberfläche [cm]	42.4±7.3	44.4±7.9	=.271		38.6±5.6	38.0±6.4	=1.00
DJ auf starrer Oberfläche [cm]	38.4±5.2	40.5±4.3	=.778		36.9±6.3	35.4±5.2	=1.00
DJ auf Sandoberfläche [cm]	37.5±5.9	38.4±6.6	=1.00		34.1±3.3	34.0±5.1	=1.00
	Interventionsgruppe				Kontrollgruppe		
Sprint	Pretest	Posttest	*p*		Pretest	Posttest	*p*
5 m auf starrer Oberfläche [sec]	.95±.005	.94±.045	=.363		.99±.005	.98±.050	=.363
5 m auf Sandoberfläche [sec]	1.04±.059	1.03±.064	=.363		1.08±.056	1.10±.058	=.363
10 m auf starrer Oberfläche [sec]	1.70±.097	1.68±.084	=.291		1.76±.084	1.76±.096	=1.00
10 m auf Sandoberfläche [sec]	1.85±.102	1.85±.127	=1.00		1.94±.109	1.98±.112	**=.043** ↓
20 m auf starrer Oberfläche [sec]	3.03±.196	3.01±.171	=.363		3.13±.169	3.16±.181	=.149
20 m auf Sandoberfläche [sec]	3.38±.222	3.36±.277	=.737		3.55±.247	3.63±.237	=.080
	Interventionsgruppe				Kontrollgruppe		
Agilität (HAST)	Pretest	Posttest	*p*		Pretest	Posttest	*p*
HAST auf starrer Oberfläche [sec]	7.18±.57	7.08±.52	=.625		7.57±.53	7.32±.41	**=.003** ↑
HAST auf Sandoberfläche [sec]	7.76±.60	7.45±.71	=. 097		8.22±.66	8.06±.44	=. 960
	Interventionsgruppe				Kontrollgruppe		
DLJ	Pretest	Posttest	*p*		Pretest	Posttest	*p*
Drop-Long Jump (Sand) [cm]	220±25	231±26	**=.013**	↑	191±22	191±35	=.984

Signifikante Unterschiede sind in fetten Buchstaben dargestellt. Die P-Werte stellen die Ergebnisse der Post-hoc-Analyse unter Verwendung der Holm-Korrektur dar, um den Effekt der Trainingsintervention (prä-post) zu bewerten. Pfeile ↑ und ↓zeigen signifikante Leistungssteigerungen/-verschlechterungen zwischen den Messungen vor und nach dem Test an.

Abbildung 1

Abbildung 1. Laborsituation bei der Messung von Drop- und Countermovement Jumps auf Sand und festem Untergrund. Die Abbildung zeigt eine Versuchsperson vor einem Drop Jump in den Sandkasten. Für die CMJ wurde der Kasten entfernt, und die Athleten führten die Sprünge direkt im Sandkasten auf Sandhöhe aus. Die Sprünge auf der starren Oberfläche wurden auf dem Boden direkt hinter dem Sandkasten ausgeführt.

Abbildung 2

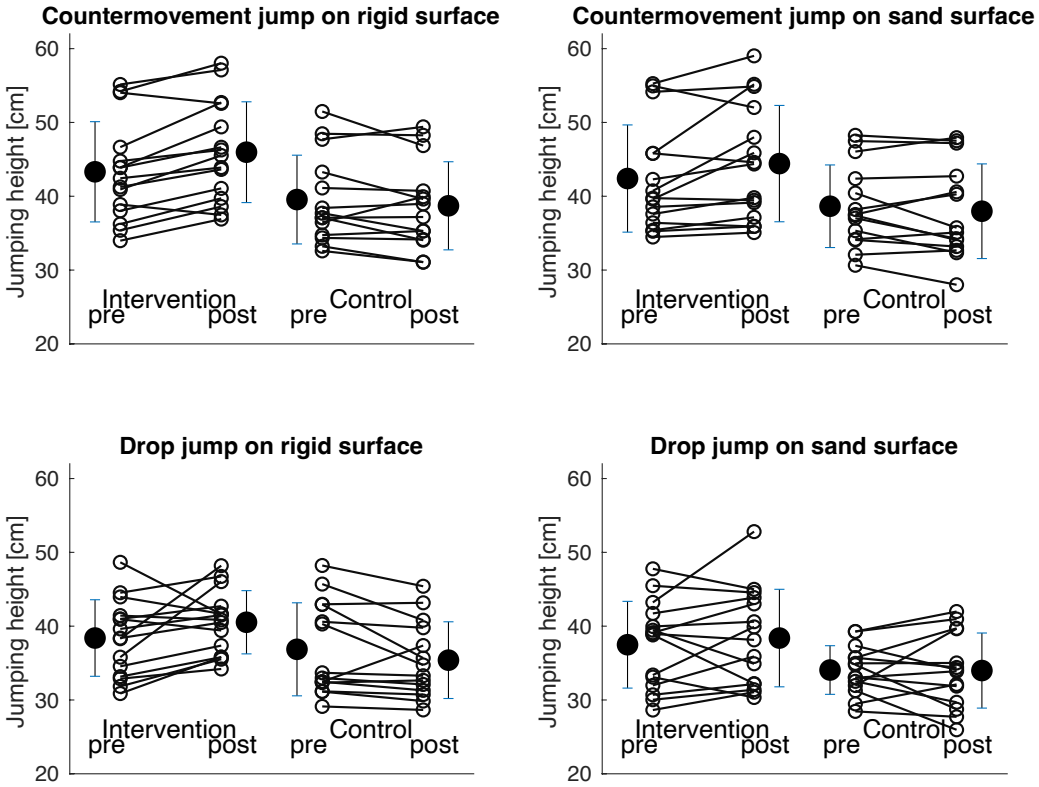

Abbildung 2. Individuelle Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest für alle Sprünge. Bitte beachten Sie, dass Mittelwerte und SDs auch als große schwarze Punkte mit Whiskern links und rechts des Blocks der Einzelwerte dargestellt sind.

Abbildung 3

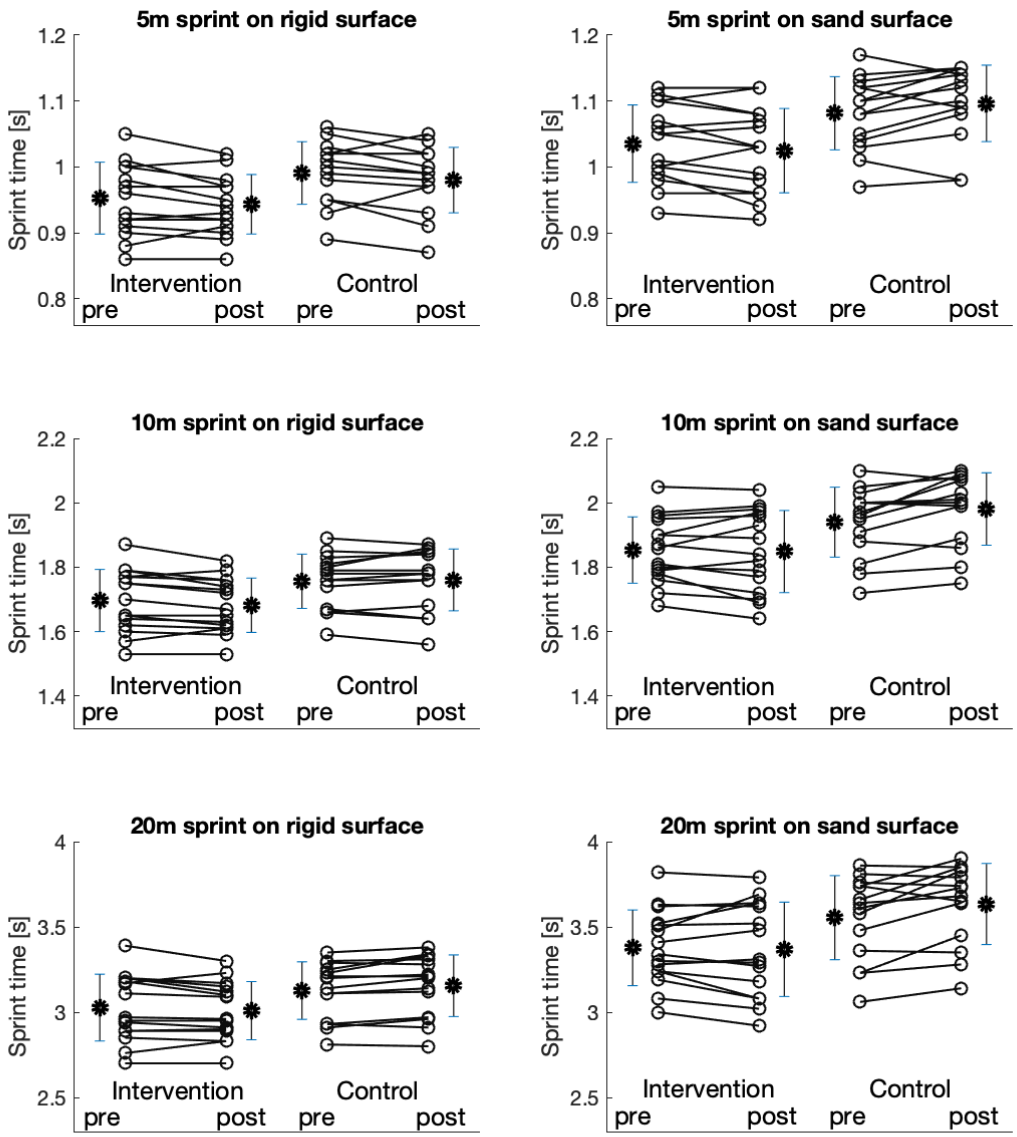

Abbildung 3. Individuelle Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest für alle Sprints. Bitte beachten Sie, dass Mittelwerte und SDs auch als große schwarze Punkte mit Whiskern links und rechts des Blocks der Einzelwerte dargestellt sind.

Abbildung 4

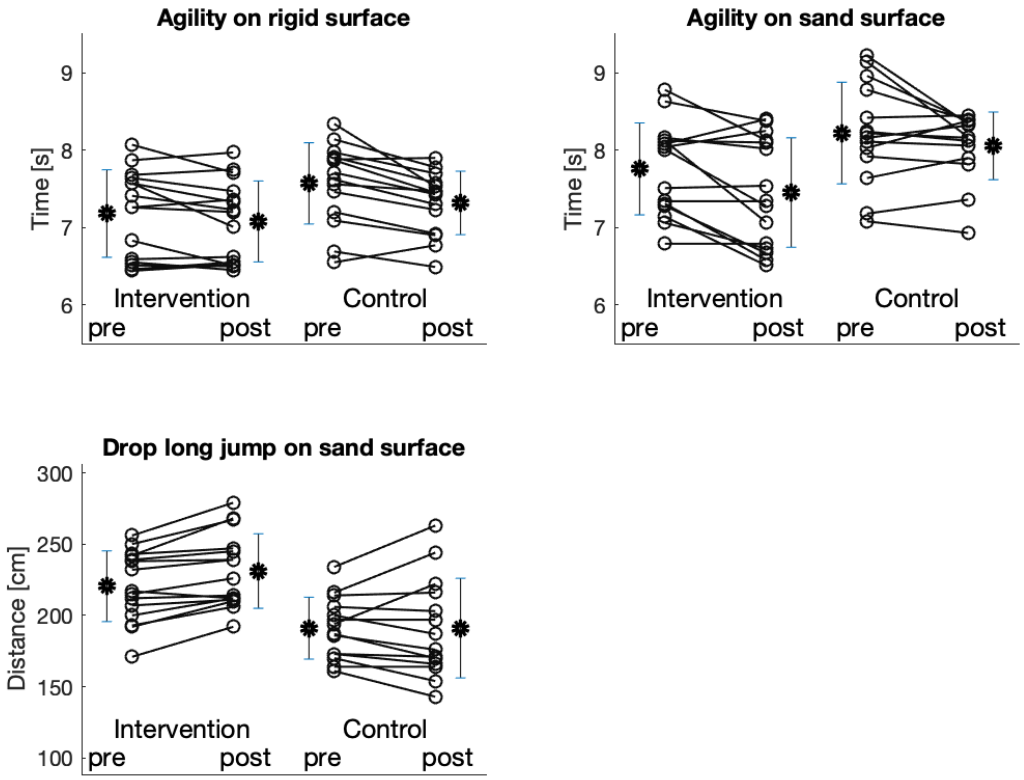

Abbildung 4. Individuelle Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest beim Agiliytest und Drop-Long Jump. Bitte beachten Sie, dass Mittelwerte und SDs auch als große schwarze Punkte mit Whiskern links und rechts des Blocks der Einzelwerte dargestellt sind.