

ORIGINAL ARTICLE

Validation of an electronic jumping ability measurement device for handball specific jumps

EXERCISE PHYSIOLOGY / PERFORMANCE / SPORTS AND TECHNOLOGY / SPORTS SCIENCE



Validität des elektronischen Sprungmessgerätes Training TesterTM für einen handballspezifischen Sprungtest

Dr. Sascha Gail^{1,2} und Paula Maiwurm¹

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Trainingswissenschaft

² Universität Augsburg, Institut für Sportwissenschaft / Sportzentrum

Abstract

The aim of this study was to examine the validity of the electronic jump measurement system *Training Tester*TM to measure team handball specific jump performance. For this reason, standing reach height and team handball jump specific reach height were determined simultaneously with the *Training Tester*TM and a motion capture system as criterion measure. The *Training Tester*TM slightly underestimated the variables of interest. This can be explained by the relative small measuring zone of the *Training Tester*TM in comparison to the motion capture system. However, the correlation coefficients between both measurement methods were found to be very high. As a consequence, the *Training Tester*TM can be considered valid to assess team handball specific jump performance. In conclusion, the *Training Tester*TM provides a portable, cost-effective and time-saving tool to determine team handball specific jump height and team handball jump specific reach height as an indicator of the release height in field situations.

Zusammenfassung

Die Zielsetzung dieser Untersuchung bestand in der Überprüfung der Validität des elektronischen Sprungmessgerätes *Training Tester*TM für einen handballspezifischen Sprungtest. Dazu wurden die Reichhöhe im Stand sowie die mit Hilfe eines handballspezifischen Sprunges generierte handballsprungspezifische Reichhöhe simultan mittels des *Training Testers*TM und einem Bewegungsanalysesystem als Aussenkriterium bestimmt. Der *Training Tester*TM unterschätzte die beiden Messgrössen geringfügig, was auf den relativ kleinen Messbereich des Sprungmessgerätes zurückzuführen ist. Es zeigten sich jedoch sehr hohe Zusammenhänge zwischen den beiden Messmethoden, so dass die Kriteriumsvalidität des *Training Testers*TM für die Abschätzung der handballspezifischen Sprungleistung nachgewiesen werden konnte. Folglich stellt der *Training Tester*TM ein valides Sprungmessgerät dar, mit dem neben einer handballspezifischen Sprunghöhe in Form der handballsprungspezifischen Reichhöhe auch ein Indikator der Abwurfhöhe erfasst werden kann. Der *Training Tester*TM ist im Vergleich zu anderen Messmethoden besonders kostengünstig und zeitsparend, so dass sich vor allem der Einsatz im Rahmen eines Feldtests empfiehlt.

Einleitung

Der Handballsport stellt hohe Anforderungen an die physische Leistungsfähigkeit der Athleten (Katic´ et al., 2007; Rivilla-Garcia et al., 2011; Sporiš et al., 2010; Srhoj et al., 2006). Von besonderer Bedeutung sind dabei Sprünge (Aouadi et al., 2012; Laffaye et al., 2005; Laffaye et al., 2007), so dass die Sprungleistung als eine wesentliche Einflussgrösse der Spielleistung gilt

(Pfeiffer & Jaitner, 2003). Zur Beurteilung der Sprungleistung eines Handballers wird typischerweise die Sprunghöhe bei den klassischen Sprungkrafttests Squat Jump und Counter Movement Jump bestimmt (Buchheit et al., 2009; Estriga et al., 2009; Gorostiaga et al., 1999; Granados et al., 2008; Hermassi et al., 2011; Marques & González-Badillo, 2006; Matthys et al., 2011).

Hübner et al. (2005) konnten allerdings zeigen, dass die Testergebnisse bei diesen sportartunspezifischen Sprungtests nicht signifikant mit der Sprunghöhe beim Handball-Sprungwurf korrelieren. Der Sprungwurf ist jedoch die am häufigsten angewendete Torwurfart im Handballsport (Šibila et al., 2003; Wagner et al., 2010). Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass den klassischen Sprungkrafttests keine oder bestenfalls nur eine geringe Aussagekraft für die Einschätzung der handballspezifischen Sprungleistung zukommt. Dies ist wenig überraschend, da handballspezifische Sprünge sowohl eine konditionelle als auch eine technische Komponente aufweisen (Trosse, 2006). Folglich werden mittlerweile verstärkt sportartspezifische Testformen gefordert, da allgemeine sportmotorische Tests sportartspezifische Anforderungen lediglich unzureichend repräsentieren und beispielsweise keine validen Indikatoren für die Leistungsbewertung darstellen (Lidor et al., 2005; Pilat et al., 2012; Schwesig et al., 2012). Darüber hinaus weisen Ferreira et al. (2010) darauf hin, dass in einigen Sportarten wie zum Beispiel Basketball und Volleyball weniger die Sprunghöhe als vielmehr die maximale Reichhöhe spielentscheidend ist. Vergleichbares trifft ebenso für den Handballsport zu. Vor allem bei Torwürfen aus dem Rückraum ist eine grosse Sprunghöhe nur dann besonders vorteilhaft, wenn sie auch zu einer hinreichenden Abwurfhöhe beiträgt, so dass der gegnerische Abwehrblock überwunden werden kann (Pielbusch et al., 2011). Infolgedessen wird für die Einschätzung der handballspezifischen Sprungleistung eine Methode benötigt, die nicht nur Informationen über die bei einem handballspezifischen Sprung erreichte Sprunghöhe liefert, sondern auch einen Indikator der Abwurfhöhe bereitstellt. Kontaktmatten und Kraftmessplatten lassen ausschliesslich Rückschlüsse auf die Sprunghöhe zu. Dagegen kann mittels des Jump-and-Reach-Tests zusätzlich die maximale Reichhöhe bestimmt werden. Die Lamellenvorrichtungen von herkömmlichen Jump-and-Reach-Boards erlauben allerdings keine handballspezifischen Sprünge mit Einsatz eines Balles. Eine Methode, mit der die zuvor genannten Anforderungen vollständig erfüllt werden, ist die Videoanalyse. Die Videoanalyse scheidet jedoch aus Gründen der Ökonomie und Praktikabilität als Alternative für Feldtests in der Sportpraxis aus (Buckthorpe et al., 2012; Caruso et al., 2010; Requena et al., 2012).

Einen Lösungsansatz bietet das elektronische Sprungmessgerät Training TesterTM (BZ Hi-Tech S.r.l., San Martino di Venezz, RO, Italien). Der Training TesterTM wurde speziell für die Feldsituation konzipiert und basiert auf dem Prinzip des Jump-and-Reach-Tests (Harman & Garhammer, 2008). Das Gerät ist per Fernbedienung bequem in der Höhe verstellbar und erfasst die maximale Reichhöhe in Echtzeit mit Intervallen von 1 cm innerhalb eines Messbereiches von

211 cm bis 389 cm. Der Training TesterTM verfügt über optische Sensoren, die auf die Infrarottechnologie zurückgreifen und kann in der Funktionsweise mit klassischen Jump-and-

Reach-Boards wie zum Beispiel Vertec oder Yardstick verglichen werden. Handballspezifische Sprünge mit Einsatz eines Balles sind aufgrund der elektronischen Datenerfassung ohne Lamellenvorrichtung problemlos umsetzbar. Aus der Differenz zwischen der Reichhöhe im Sprung bei einem handballspezifischen Sprung, der handballsprungspezifischen Reichhöhe und der Reichhöhe im Stand resultiert eine handballspezifische Sprunghöhe. Entsprechend den Empfehlungen von Ferreira et al. (2010) kann die handballsprungspezifische Reichhöhe als weiteres wichtiges Leistungsmerkmal neben der handballspezifischen Sprunghöhe betrachtet und als eine theoretisch mögliche Abwurfhöhe interpretiert werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand wurde die Validität des *Training Testers*TM für die Messung der handballspezifischen Sprungleistung bislang nicht untersucht. Daher bestand das Ziel der vorliegenden Untersuchung darin, die Kriteriumsvalidität des Sprungmessgerätes *Training Tester*TM anhand eines Bewegungsanalysesystems zu überprüfen. Bei der Kriteriumsvalidierung wird eine neue Methode einer bereits etablierten und als valide anerkannten Methode gegenübergestellt (Morrow et al., 2005; Rowe & Mahar, 2006).

Material und Methoden

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen zwölf männliche Elite-Nachwuchshandballer der höchsten deutschen Juniorenliga teil. Das durchschnittliche Alter der Versuchspersonen betrug $17,4 \pm 1,2$ Jahre. Die mittlere Körpergröße lag bei $185,8 \pm 7,8$ cm, das mittlere Körpergewicht bei $80,2 \pm 11,6$ kg. Sämtliche in der Untersuchung durchlaufenen Massnahmen wurden von der lokalen Ethikkommission des Fachbereiches Psychologie und Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen genehmigt.

Geräte und Apparaturen:

Neben dem Sprungmessgerät *Training Tester*TM wurden vier Air-Bodys[®] (MGT-Sports GbR, Backnang, Deutschland) eingesetzt, um eine wettkampfnähe Situation in Form eines gegnerischen Abwehrblockes zu simulieren. Die Ausführung des handballspezifischen Sprungtests erfolgte mit für die deutsche Handball-Bundesliga zugelassenen Handbällen vom Typ Molten[®] HX 4000 (Molten[®] Corp., Hiroshima, Japan). Zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität des *Training Testers*TM wurde die Reichhöhe im Stand sowie die handballsprungspezifische Reichhöhe simultan mittels eines Bewegungsanalysesystems bestimmt. Dazu kam ein markerbasiertes Vicon-MXTM-System (Vicon[®] Motion Systems Ltd., Oxford, Grossbritannien) mit zwei MXTM-3 Kameras und vier MXTM-T10 Kameras zum Einsatz. Die Aufzeichnung der kinematischen Daten erfolgte mit einer Auflösung von 200 Hz. Der Durchmesser der retroreflektierenden Marker betrug 14 mm. Ein Marker wurde am

Mittelfinger der Wurfhand der Versuchspersonen angebracht, zwei weitere Marker an den Handbällen.

Untersuchungsablauf

Die Versuchspersonen absolvierten zunächst ein standardisiertes Aufwärmprogramm, bestehend aus einem allgemeinen Teil und einem speziellen Teil. Das allgemeine Aufwärmen sah 5 min Radergometer mit 1 Watt pro kg Körpergewicht bei 60–80 Umdrehungen/min vor. Das spezielle Aufwärmen beinhaltete fünf Counter Movement Jumps, fünf Überkopfwürfe an die Wand und fünf Sprungwürfe mit jeweils submaximaler Intensität. Nach dem Aufwärmprogramm wurden die Versuchspersonen mit Markern ausgestattet. Im Anschluss erfolgte die Erfassung der Reichhöhe im Stand am *Training Tester*TM. Dazu nahmen die Versuchspersonen einen aufrechten schulterbreiten Stand an einer markierten Linie ein, die sich 10 cm vor dem Messbereich des *Training Testers*TM befand. Die Versuchspersonen wurden angewiesen, den Wurfarm so hoch wie möglich zu strecken und am höchstmöglichen Punkt nach vorne durch den Messbereich zu führen. Das Vorgehen wird in Abbildung 1 ersichtlich. In Abhängigkeit der ermittelten Reichhöhe im Stand wurde die Höhe des *Training Testers*TM angepasst. Dann absolvierten die Versuchspersonen fünf Testversuche des handballspezifischen Sprungtests mit einer Pausendauer von 30 s. Der beste Testversuch wurde als Testergebnis herangezogen. Die Aufgabe des handballspezifischen Sprungtests bestand darin, von einer beliebigen Position mit dem Handball zu starten, nach zwei Auftaktschritten einbeinig über das Sprungbein (Rechtshänder: rechts – links – Absprung; Linkshänder: links – rechts – Absprung) so hoch wie möglich zu springen, die Wurfhand mit dem Handball so hoch wie möglich zu strecken und am höchstmöglichen Punkt nach vorne durch den Messbereich zu führen. Dabei sollte die Absprungposition bewusst so gewählt werden, dass der höchstmögliche Punkt auf Höhe der markierten Linie (10 cm vor dem Messbereich des *Training Testers*TM) erreicht wurde. Aus Abbildung 2 geht der handballspezifische Sprungtest im Detail hervor. Der simulierte gegnerische Abwehrblock in Form der Air-Bodys[®] war 75 cm vom Messbereich des *Training Testers*TM entfernt. Die Einweisung der Versuchspersonen für die Bestimmung der Reichhöhe im Stand sowie die Durchführung des handballspezifischen Sprungtests erfolgte mittels verbaler Instruktion und Videodemonstration. Im Anschluss hatten die Versuchspersonen ausreichend Gelegenheit, mehrere Probeversuche zu absolvieren und dazu entsprechende Rückmeldung zu erhalten. Jede Versuchsperson wurde individuell getestet und vor jedem Testversuch zu einer maximalen Sprungleistung aufgefordert.

Datenanalyse

Die Analyse mit dem Vicon-MXTM-System erfolgte mit Hilfe der Software Vicon NexusTM Version

1.7 (Vicon® Motion Systems Ltd., Oxford, Grossbritannien). Als Referenzwert für die Messergebnisse des *Training Testers*™ wurde sowohl bei der Reichhöhe im Stand als auch bei der handballsprungspezifischen Reichhöhe der tatsächlich erreichte höchste Punkt ermittelt. Dieser konnte auch vor oder hinter dem Messbereich des *Training Testers*™ liegen. Zur Bestimmung der Reichhöhe im Stand war der Marker am Mittelfinger der Wurfhand der Versuchspersonen massgeblich. Bei der Ausführung des handballspezifischen Sprungtests erfasst der *Training Tester*™ den obersten Punkt des Handballs, so dass für die handballsprungspezifische Reichhöhe ein anderes Vorgehen gewählt werden musste. Hierbei wurde zunächst der Mittelwert der höchsten Positionen der beiden Marker auf dem Handball gebildet, dann der Radius des Handballs hinzuaddiert. Für die statistischen Auswertungen wurde die Software IBM® SPSS® Statistics Version 21 (IBM® Corp., Armonk, NY, USA) eingesetzt. Die Ergebnisse sind in Form von Mittelwerten und Standardabweichungen angegeben. Im Falle von normal verteilten Variablen (Prüfung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test) wurde der t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt, um Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Methoden zu analysieren. Für nicht normal verteilte Variablen wurde hingegen der Wilcoxon-Test angewendet. Zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen den Methoden wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bei normal verteilten Variablen bzw. der Korrelationskoeffizient nach Spearman bei nicht normal verteilten Variablen berechnet. Um die Messwertunterschiede grafisch darzustellen, wurden Bland Altman Plots (Bland & Altman, 1986) erstellt. Das a priori festgelegte Signifikanzniveau Alpha betrug 5 %.



Abbildung 1: Bestimmung der Reichhöhe im Stand mit dem *Training Tester*™.



Abbildung 2: Erfassung der handballsprungspezifischen Reichhöhe mit dem *Training Tester*™.

Resultate

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reichhöhe im Stand und der handballsprungspezifischen Reichhöhe sowie die Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Versuchspersonen erreichten sowohl eine grössere Reichhöhe im Stand als auch eine grössere handballsprungspezifische Reichhöhe mittels des

Bewegungsanalysesystems im Vergleich zum *Training Tester*™. Die Unterschiede waren signifikant (Tab. 1). Aus den *Abbildungen* 3 und 4 werden die Messwertunterschiede anhand von Bland Altman Plots ersichtlich. Für die Reichhöhe im Stand und die handballsprungspezifische Reichhöhe ergaben sich sehr hohe Zusammenhänge zwischen den beiden Messmethoden (Tab. 1).

	<i>Training Tester</i> ™	Viconanalyse	Korrelationskoeffizient	Mittelwertvergleich
Reichhöhe im Stand (cm)	234,25 ± 10,00	235,83 ± 10,32	0,992 (p < 0,001)	t = -4,183 (p = 0,002)
handballsprungspezifische Reichhöhe (cm)	289,75 ± 10,45	290,33 ± 10,20	0,984 (p < 0,001)	Z = -2,111 (p = 0,035)

Tabelle 1: Mittelwert und Standardabweichung der Reichhöhe

im Stand und der handballsprungspezifischen Reichhöhe mit dem *Training Tester*™ und der Viconanalyse. Korrelationskoeffizient nach Pearson (Reichhöhe im Stand) bzw. Spearman (handballsprungspezifische Reichhöhe). t-Test für abhängige Stichproben (Reichhöhe im Stand)

bzw. Wilcoxon-Test (handballsprungspezifische Reichhöhe).

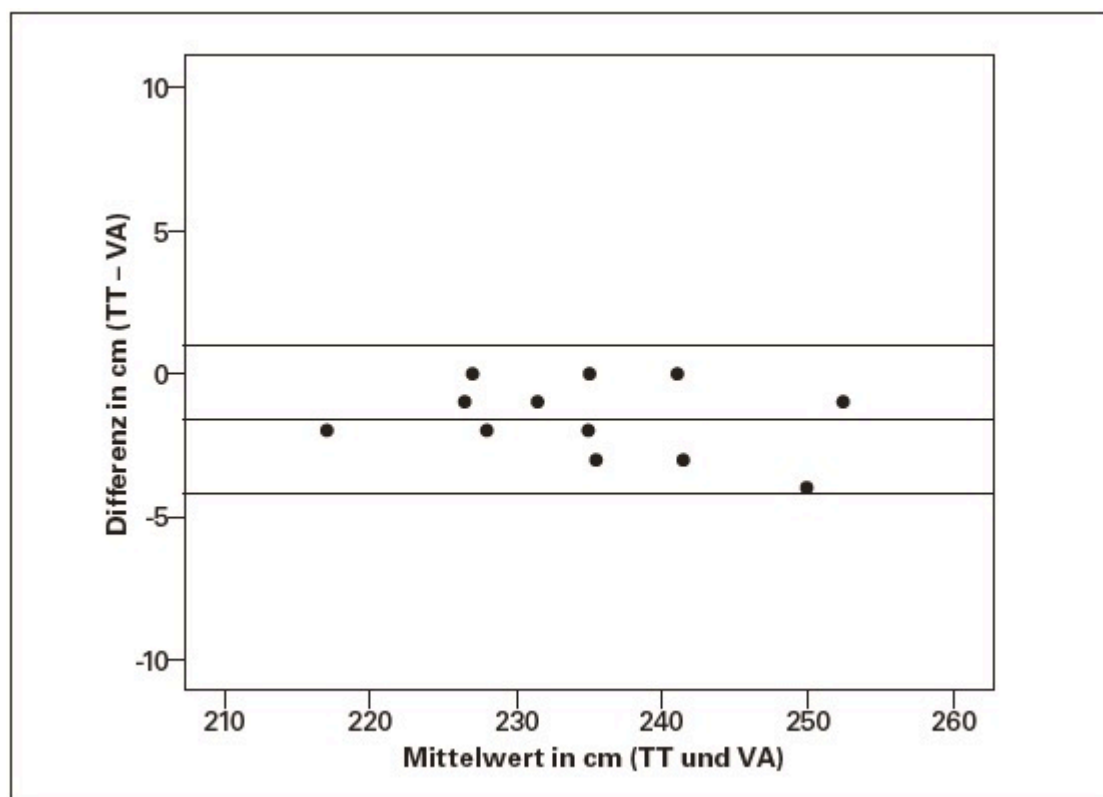


Abbildung 3: Bland Altman Plot für den Vergleich der Reichhöhe im Stand zwischen dem Training TesterTM (TT) und der Viconanalyse (VA).

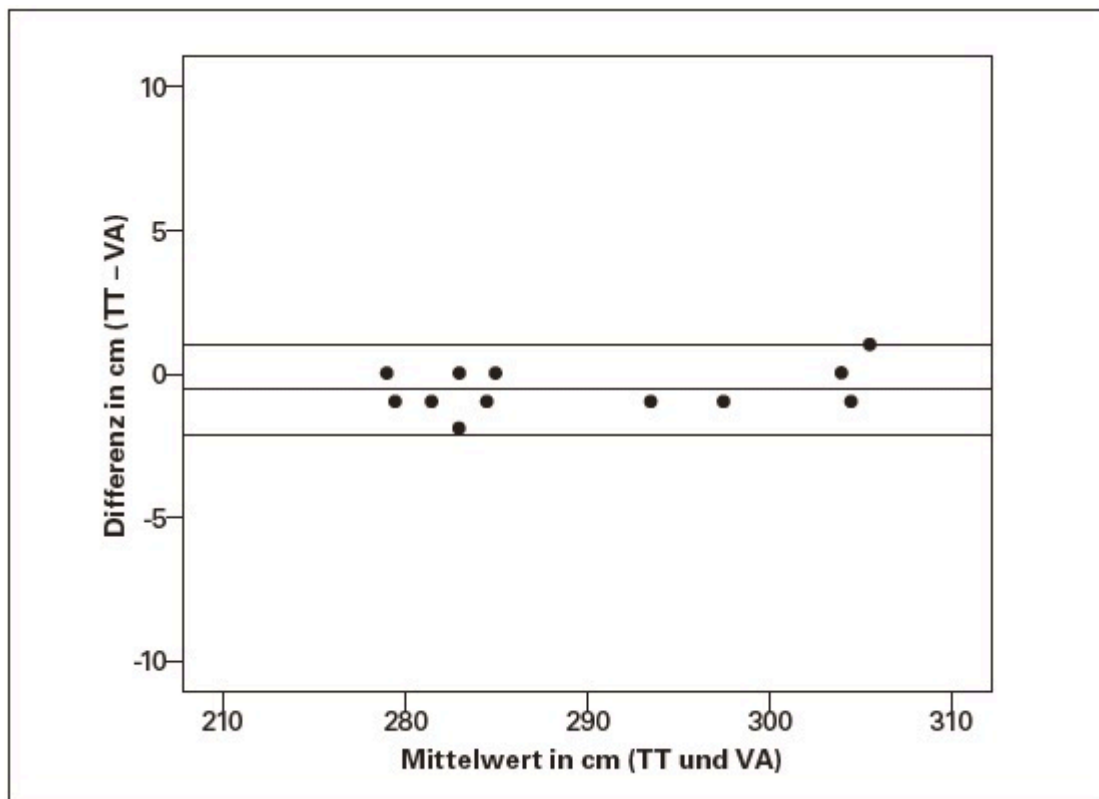


Abbildung 4: Bland Altman Plot für den Vergleich der handballsprungspezifischen Reichhöhe zwischen dem *Training Tester*TM (TT) und der Viconanalyse (VA).

Diskussion

Die im Handballsport weit verbreiteten allgemeinen Sprungkrafttests (Buchheit et al., 2009; Estriga et al., 2009; Gorostiaga et al., 1999; Granados et al., 2008; Hermassi et al., 2011; Marques & González-Badillo, 2006; Matthys et al., 2011) sind für die Beurteilung der handballspezifischen Sprungleistung ungeeignet (Hübner et al., 2005). In Abhängigkeit der Messmethode erfassen die etablierten Sprungkrafttests entweder nur das Leistungsmerkmal Sprunghöhe, berücksichtigen nicht die handballspezifische technische Komponente oder scheiden aus Gründen der Ökonomie und Praktikabilität für die Anwendung im Feld aus (Buckthorpe et al., 2012; Caruso et al., 2010; Requena et al., 2012).

Das elektronische Sprungmessgerät *Training Tester*TM basiert auf dem Prinzip des Jump-and-Reach-Tests (Harman & Garhammer, 2008) und ermöglicht die Ausführung eines handballspezifischen Sprunges mit Einsatz eines Balles. Aus der Differenz zwischen der Reichhöhe im Stand und der mittels eines handballspezifischen Sprunges generierten - handballsprungspezifischen Reichhöhe kann eine handballspezifische Sprunghöhe bestimmt werden. Die handballsprungspezifische Reichhöhe ist zudem als Indikator des im Handball ergänzend zur Sprunghöhe weiteren wichtigen Leistungsmerkmals Abwurfhöhe zu interpretieren (Pielbusch et al., 2011).

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, die Validität des *Training Testers*TM

innerhalb eines handballspezifischen Sprungtests anhand eines Bewegungsanalysesystems als Aussenkriterium zu überprüfen. Dazu wurden die Reichhöhe im Stand und die handballsprungspezifische Reichhöhe mit beiden Messmethoden simultan ermittelt.

Die Messwertunterschiede zwischen dem *Training Tester*TM und dem Bewegungsanalysesystem waren für beide Variablen lediglich geringfügig und wenig überraschend. Der *Training Tester*TM unterschätzte die Ausprägung der Reichhöhe im Stand und der handballsprungspezifischen Reichhöhe systematisch. Als Erklärung kann der vergleichsweise relativ geringe Messbereich des *Training Testers*TM herangezogen werden. Die Versuchspersonen erreichten den höchstmöglichen Punkt in der Luft zumeist etwas vor oder hinter dem Messbereich des *Training Testers*TM. Es wurden jedoch sowohl für die Reichhöhe im Stand als auch für die handballsprungspezifische Reichhöhe sehr hohe Zusammenhänge zwischen den beiden Messmethoden festgestellt. Dementsprechend konnte die Kriteriumsvalidität des *Training Testers*TM für den in dieser Arbeit beschriebenen handballspezifischen Sprungtest nachgewiesen werden.

Forschungsperspektiven bestehen in der Bestimmung der Reliabilität und der Prüfung der Validität des handballspezifischen Sprungtests mit dem *Training Tester*TM. Eine adäquate Herangehensweise für die Bestimmung der Reliabilität stellt die Test-Retest-Methode dar. Die Validität könnte durch die Analyse spielklassenabhängiger Leistungsunterschiede bei Handballern (Konstruktvalidierung) untersucht werden.

Zusammenfassend betrachtet, kann der *Training Tester*TM als valides elektronisches Sprungmessgerät zur Abschätzung der handballspezifischen Sprungleistung bewertet werden. Zusätzlich zur handballspezifischen Sprunghöhe kann ein weiteres wichtiges Leistungsmerkmal in Form der handballsprungspezifischen Reichhöhe bestimmt werden, das als eine theoretisch mögliche Abwurfhöhe zu interpretieren ist. Der *Training Tester*TM ist gegenüber anderen Messmethoden besonders kostengünstig und zeitsparend, so dass sich vor allem der Einsatz im Rahmen eines Feldtests in der Sportpraxis anbietet.

Danksagung

Diese Untersuchung wurde gefördert durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Projektlaufzeit: 1.1.2013– 31.12.2013; Projektnummer: IIA1-070512/13). Die Autoren bedanken sich beim Deutschen Handballbund für die Kooperation sowie bei Dr. Mathias Reiser für seine technische Unterstützung. Ganz besonderer Dank gilt zudem Dr. Franz Marschall, Prof. Dr. Dirk Büsch und Prof. Dr. Hermann Müller für ihre Beiträge zur Entwicklung der konzeptionellen Idee.

Korrespondenzadresse:

Dr. Sascha Gail
Universität Augsburg

Institut für Sportwissenschaft / Sportzentrum
Universitätsstrasse 3, 86135 Augsburg, Deutschland
Tel.: +49 (0) 821 / 598-2827, Fax: +49 (0) 821 / 598-2828
E-Mail: sascha.gail@sport.uni-augsburg.de

Literatur

1. Aouadi R., Jlid M.C., Khalifa R., Hermassi S., Chelly M.S., van den Tillaar R., Gabbett T. (2012): Association of anthropometric qualities with vertical jump performance in elite male volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 52: 11–17.
2. Bland J.M., Altman D.G. (1986): Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 327: 307–310.
3. Buchheit M., Laursen P.B., Kuhnle J., Ruch D., Renaud C., Ahmaidi S. (2009): Game-based training in young elite handball players. *Int J Sports Med*. 30: 251–258.
4. Buckthorpe M., Morris J., Folland J.P. (2012): Validity of vertical jump measurement devices. *J Sports Sci*. 30: 63–69.
5. Caruso J.F., Daily J.S., McLagan J.R., Shepherd C.M., Olson N.M., Marshall M.R., Taylor S.T. (2010): Data reliability from an instrumented vertical jump platform. *J Strength Cond Res*. 24: 2799–2808.
6. Estriga L., Carvalho J., Bernardes J., Massada L. (2009): Jump capacity and the ACL injury in female handball players. In: Book of Abstracts of the 14th Annual Congress of the European College of Sport Science in Oslo, Norway from 24–27 June 2009, S. Loland, K. Bø, K. Fasting, J. Hallén, Y. Ommundsen, G. Roberts and E. Tsolakidis (Eds.), Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, 2009, p. 68.
7. Ferreira L.C., Schilling B.K., Weiss L.W., Fry A.C., Chiu L.Z.F. (2010): Reach height and jump displacement: Implications for standardization of reach determination. *J Strength Cond Res*. 24: 1596–1601.
8. Gorostiaga E.M., Izquierdo M., Iturralde P., Ruesta M., Ibáñez J. (1999): Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 80: 485–493.
9. Granados C., Izquierdo M., Ibáñez J., Ruesta M., Gorostiaga E. M. (2008): Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc*. 40: 351–361.
10. Harman E., Garhammer J. (2008): Administration, scoring, and interpretation of selected tests. In: *Essentials of strength training and conditioning* (3rd edition), T.R. Baechle and R.W. Earle (Eds.), Human Kinetics, Champaign, 2008, p. 249–292.
11. Hermassi S., Chelly M.S., Tabka Z., Shephard R.J., Chamari K. (2011): Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *J Strength Cond Res*. 25: 2424–2433.
12. Hübner K., Knoll K., Bronst A., Marti B. (2005): Höhe beim Sprungwurf korreliert nicht mit Testwerten auf der Kraftmessplatte. *Schweiz Z Sportmed Sporttraum*. 53: 101–104.
13. Katic´ R., Čavala M., Srhoj V. (2007): Biomotor structures in elite female handball players. *Coll Antropol*. 31: 795–801.
14. Laffaye G., Bardy B.G., Durey A. (2005): Leg stiffness and expertise in men jumping. *Med Sci Sports Exerc*. 37: 536–543.
15. Laffaye G., Bardy B.G., Durey A. (2007): Principal component structure and sport-specific differences in the running one-leg vertical jump. *Int J Sports Med*. 28: 420–425.
16. Lidor R., Falk B., Arnon M., Cohen Y., Segal G., Lander Y. (2005): Measurement of talent in team handball: The questionable use of motor and physical tests. *J Strength Cond Res*. 19: 318–325.
17. Marques, M.C., González-Badillo, J.J. (2006): In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res*. 20: 563–571.

18. Matthys S.P.J., Vaeyens R., Vandendriessche J., Vandorpe B., Pion J., Coutts A.J., Lenoir M., Philippaerts R.M. (2011): A multidisciplinary identification model for youth handball. *Eur J Sport Sci.* 11: 355–363.
19. Morrow J.R., Jackson A.W., Disch J.G., Mood D.P. (2005): Measurement and evaluation in human performance. Human Kinetics, Champaign, 3rd edition.
20. Pfeiffer M., Jaitner T. (2003): Sprungkraft im Nachwuchstraining Handball: Training und Diagnose. *Z Angew Trainingswiss.* 10: 86–95.
21. Pielbusch S., Marschall F., Dawo O., Büsch D. (2011): Handballspezifische Sprungdiagnostik. *Leistungssport.* 41: 35–38.
22. Pilat C., Groß T., Krüger K., Mooren F.-C. (2012): Umfang sportmedizinischer und -wissenschaftlicher Betreuung im deutschen Spitzenhandball der Männer. *Deutsch Z Sportmed.* 63: 324–328.
23. Requena B., Requen F., García I., Saez-Saez de Villarreal E., Pääsuke M. (2012): Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove™) for measuring vertical jumping performance. *J Sports Sci Med.* 11: 115–122.
24. Rivilla-Garcia J., Grande I., Sampedro J., van den Tillaar R. (2011): Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *J Sports Sci Med.* 10: 534–539.
25. Rowe D.A., Mahar M.T. (2006): Validity. In: Measurement theory and practice in kinesiology, T. M. Wood and W. Zhu (Eds.), Human Kinetics, Champaign, 2006, p. 9–26.
26. Schwesig R., Fieseler G., Jungermann P., Noack F., Irlenbusch L., Leuchte S., Fischer, D. (2012): Longitudinale, sportartspezifische Leistungsdiagnostik im Handball. *Sportverletz Sportschaden.* 26: 151–158.
27. Šibila M., Pori P., Bon M. (2003): Basic kinematic differences between two types of jump shot techniques in handball. *Acta Univ Palack Olomouc Gym.* 33: 19–26.
28. Sporiš G., Vuleta D., Vuleta Jr., D., Milanovic´ D. (2010): Fitness profiling in handball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Coll Antropol.* 34: 1009–1014.
29. Srhoj V., Rogulj N., Zagorac N., Katic´ R. (2006): A new model of selection in women's handball. *Coll Antropol.* 30: 601–605.
30. Trosse H.-D. (2006): Handbuch Handball. Meyer & Meyer, Aachen, 2. Auflage.
31. Wagner H., Buchecker M., von Duvillard S.P., Müller E. (2010): Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. *J Sports Sci Med.* 9: 15–23.