Klaus Hübner[1], Klaus Knoll[2], Andreas Bronst[2], Bernard Marti[1]

[1] Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen (EHSM), Magglingen
[2] Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT), Leipzig

Höhe beim Sprungwurf korreliert nicht mit Testwerten der Kraftmessplatte

Studie mit 19 Handballern des U 21-Nationalkaders

Zusammenfassung

Trainer von Mannschaftssportarten sind oft an Sprunghöhen- und Kraftmessungen interessiert, die einer Spielsituation möglichst genau entsprechen. Auch Tests zur Kontrolle der physischen Vorbereitung werden in den Trainingsalltag integriert, wobei manchmal Zweifel an deren direkten Übertragbarkeit in den Wettkampf bestehen. Ist also ein sportartspezifischer Test für die Sprunghöhe eine sinnvolle Ergänzung zur Ermittlung der Explosivkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten mit Kraftmessplatten und lassen sich die Sprunghöhen beim Sprungwurf durch unspezifische Absprünge auf Kraftmessplatten voraussagen?
In einem Abstand von 7 Tagen absolvierten 19 Handballer des U 21-Nationalkaders einerseits einen standardisierten Sprungkrafttest auf Kraftmessplatten, analog der Swiss-Olympic-Vorgaben ein- und beidbeinig, wobei u.a. die mechanische maximale Leistung gemessen wurde, andererseits standardisierte sportartspezifische Sprungwürfe, bei denen die Sprunghöhe mittels quantitativer Videoauswertung ermittelt wurde. Es resultierten überraschenderweise nur relativ schwache Korrelationen zwischen Sprunghöhe und mechanischer Leistung in der Grössenordnung von maximal 0.2–0.4; mehrere, teilweise völlig verschiedene Ursachen dürften diesen Befund beeinflussen.
Trotz dieses «Negativresultats» erscheinen sowohl die standardisierten Tests auf der Kraftmessplatte – insbesondere für die Niveaubestimmung der Explosivkraft (einschliesslich der daran geknüpften Trainingsempfehlungen) – als auch Videoaufnahmen des Sprungwurfes – für Technikanalysen und Höhenmessungen – weiterhin sinnvoll.

Abstract

The jump height in a jump shot does not correlate with results measured on a force platform.
A study conducted with the Swiss Junior National Handball team.

Coaches of team sports are often interested in vertical jump height and strength measurements that simulate performance in a game situation. Even tests to control for the progress of the fitness of the athlete are integrated and conducted during daily trainings, but there is doubt to which extent these types of results carry over into competition performance. Does a sport art specific test that measures vertical jump height supplement the examination of explosive strength of the lower extremity on a force platform and can the vertical jump height in a jump shot be predicted with the use of a nonspecific jump test on a force platform?
Nineteen Swiss Junior National Handball team members completed two tests within 7 days. The first test being a standardized jump test, both single and double legged, on a force platform, where mechanical maximal height was measured in accordance to Swiss Olympic guidelines. The second test measured jump height by means of video analysis during a jump shot. There was a surprisingly weak correlation (maximal between 0.2 –0.4) between jump height during the jump shot and mechanical jump height measured on the force platform. A number of factors may have influenced these findings.
Even though our findings did not validate these two tests as compatible, it can not go without saying that both the standardized jump test on a force platform, which indicates the level of explosive strength of the athletes and can be utilized in training recommendations, and the video analysis, which gives advise on the technique and height of the athletes jump are valuable tools for the athlete and coach.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 53 (3), 101–104, 2005

Einleitung und Problemstellung

Einerseits besteht in der Trainingspraxis gerade von Spielsportarten ein grosser Bedarf in der Evaluation von erreichten Sprunghöhen oder entwickelten Kräften in der sportartspezifischen Bewegung. Bei Vergleichen von Daten aus unspezifischen Absprungtests und Werten aus der jeweiligen Sportart lassen sich – zumindest theoretisch – bessere Empfehlungen für die Trainingsplanung ableiten. Für den einzelnen Athleten wird somit der Schwerpunkt mehr auf die konditionelle Ausbildung gelegt oder auf die technische Umsetzung seiner Fähigkeiten. Andererseits besteht bei Trainern und Athleten oft eine gewisse Skepsis, ob unspezifische Absprungtests auf Kraftmessplatten noch einen Bezug zur jeweiligen Sportart haben. Wir haben uns deshalb gefragt, inwieweit bei Spitzenhandballern die Testergebnisse auf der Kraftmessplatte mit den entscheidenden Parametern eines Sprungwurfes korrelieren? Nachfolgend werden Daten von unspezifischen Absprüngen auf dem Quattrojump® mit Höhenmessungen beim spieltypischen Sprungwurf bei Handballern verglichen. Dabei wurden bewusst einfache, herkömmliche Videokameras benutzt, um eine breitere Nutzung der Methode für Trainer in den Regionen zu ermöglichen.

Fragestellung

Lässt sich die Sprunghöhe beim Sprungwurf durch unspezifische Sprungtests auf Kraftmessplatten voraussagen?

Ist ein sportartspezifischer Test für die Sprunghöhe eine sinnvolle Ergänzung zur Ermittlung der Explosivkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten mit Kraftmessplatten?

Methode
Probandenauswahl

Die Tests wurden an 19 Handballern der Spitzensportler-Rekrutenschule 2002 in Magglingen angewendet. Alle Athleten gehörten der nationalen Spitze (U 21-Nationalkader) an und mussten sich für einen solchen Lehrgang gemäss bestimmten, vordefinierten Kriterien [1] qualifizieren.

Testablauf

Die Probanden führten in der ersten Woche des Lehrganges jeweils am Morgen den standardisierten Labortest auf den Kraftmessplatten aus. In der folgenden Woche wurden die Sprungwürfe mit Video aufgezeichnet.

Vor dem Testbeginn im Labor wurden die Personaldaten erfasst und Körpergrösse und -gewicht gemessen.

Das Aufwärmen war mit 6 min Fahren auf dem Fahrradergometer, kurzem Dehnen der involvierten Muskelgruppen (max. 5 s) und einem Aktivieren mit Hüpfen bzw. Skipping standardisiert.

Testprotokolle

Sprungkraftmessung mit der Kraftmessplatte (analog dem standardisierten Protokoll von Swiss Olympic [2]):
Zuerst wurde eine Gewichtsmessung mit der Kraftmessplatte durchgeführt.
Danach wurden folgende Sprungformen absolviert:

1. Countermovement Jump	CMJ;	3 Sprünge
2. Squat Jump	SJ;	3 Sprünge
3. Einbeinige Jumps	LL, RL;	je 3 Sprünge.

Alle Sprünge wurden ohne Armeinsatz absolviert, um eine unterschiedliche Koordination zwischen Armen und Beinen unter den Athleten auszuschliessen und vorrangig die untere Extremität zu testen.

Bei jedem Sprung bestand die Aufgabe, eine möglichst grosse Höhe zu erreichen.

Als Parameter wurden die maximale mechanische Leistung und die Höhe erfasst.

Sprunghöhenmessung beim Sprungwurf mit der Digitalkamera (siehe Abbildung 1*):*
Aus zwei Schritten Anlauf wurde der Sprungwurf ausgeführt. Die Standardisierung auf zwei Schritte Anlauf entstand aus zwei Gründen. Erstens besteht diese Situation im Spiel. Zweitens ist im Gegensatz zu vollem Anlauf die Grösse der Vertikalgeschwindigkeit konstanter und damit deren Anteil an der Gesamthöhe homogener. Auch wurde, wie im Spiel, der Ball abgeworfen. Die Kameraposition wurde während der Aufnahmen konstant gehalten, also weder geschwenkt noch gezoomt.

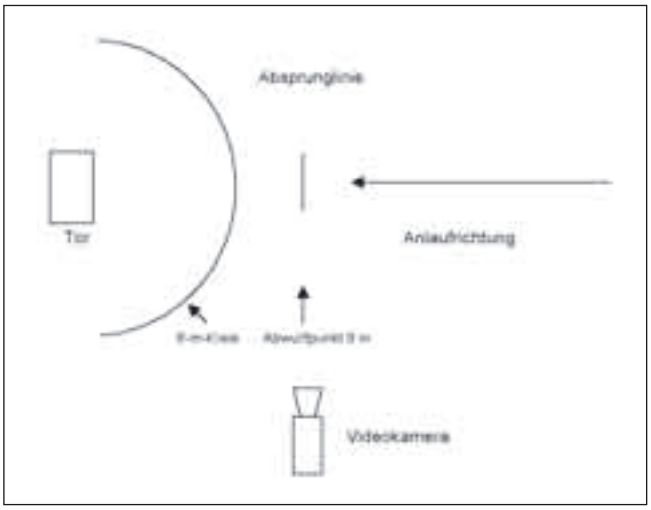

Abbildung 1: Kameraposition beim Sprungwurf.

Geräte/Apparaturen

Mit der Kraftmessplatte vom Typ Quattrojump® (Kistler, Schweiz) wurden bei Vertikalsprüngen die Bodenreaktionskräfte gemessen.

Für die Videoaufnahmen der Sprungwürfe wurde eine Digitalvideokamera vom Typ DCR-VX1000F (Sony Corporation, Japan) als Hilfsmittel eingesetzt.

Statistische Auswertung

Die Sprunghöhen der Videoaufnahmen wurden folgendermassen bestimmt: Das Videoband wurde mit einem Timecode belegt, wobei die Aufnahmefrequenz bei herkömmlichen Videogeräten 50 Halbbilder pro Sekunde beträgt. Dann wurde die Absprungposition (letzter Kontakt des Fusses mit dem Boden) bestimmt und die Lage des Körperschwerpunktes (KSP) visuell festgelegt. Als Landeposition wurde die analoge Höhe des Körperschwerpunktes der Absprungposition in der vertikalen Ebene definiert. Die Differenz der Timecodes ergibt die Flugzeit t_{Flug} [s]. Die Treibhöhe h_{Treib} [m] wird dann entsprechend den Gleichungen des schiefen Wurfes aus folgender Formel errechnet ($g = 9.81\ m/s^2$):

$$h_{Treib} = \frac{g}{8} t^2_{Flug}$$

Bei der Errechnung der Sprunghöhe, analog Knoll [3], wird dazu noch die Ausgangslage des Körperschwerpunktes über den Boden dazu addiert:

$$h_{Sprung} = 0.56 \quad \text{Körpergröße} + h_{Treib}$$

(0.56 * Körpergrösse entspricht KSP-Höhe bei Grundstellung mit Armen in Tiefhalte)

Die Resultate mit der Kraftmessplatte wurden vom Datenausdruck direkt in eine Exceldatenbank überschrieben. Der Kollektivmittelwert, die Standardabweichung, der Maximal- und Minimalwert wurden für jeden Parameter berechnet. Die verschiedenen Parameter und ihre Auswirkungen (Korrelation nach Pearson) wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0 untersucht.

Ergebnisse

Wie *Tabelle 1* zu entnehmen ist, dokumentieren die relativ geringen Standardabweichungen von Alter, Grösse und Körpermasse die grosse Homogenität des Kollektivs.

Die *Tabelle 2* enthält einerseits die Sprunghöhe (d.h. den Abstand zwischen Boden und KSP im höchsten Punkt) sowie die Treibhöhe des Sprungwurfes (der Weg zwischen der Absprungposition des KSP und des höchsten Punktes), andererseits die gemessenen Explosivkraftwerte des unspezifischen Sprungkrafttests.

Die auf der Kraftmessplatte ermittelte relative maximale Leistung der verschiedenen Sprungarten entspricht etwa der erwartba-

n = 19	**Alter** Jahre	**Grösse** cm	**Körpermasse** kg
Mittelwert	19.82	187.76	84.56
Standardabweichung	0.68	6.07	9.64

Tabelle 1: Alter und anthropometrische Daten des Studienkollektivs

n = 19	**Sprungwurf** Sprunghöhe (cm)	Treibhöhe (cm)	**Quattrojump** PmaxCMJ (W/kg)	PmaxSJ (W/kg)	PmaxLL (W/kg)	PmaxRL (W/kg)
Mittelwert	150.7	45.7	54.7	54.4	34.2	33.7
Standardabweichung	6.7	6.7	5.3	4.4	2.8	3.8

Tabelle 2: Erreichte Höhen aus Sprungwurf und relative maximale Leistung bei folgenden Sprüngen auf der Kraftmessplatte: Countermovement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ), Einbeinige Jumps links bzw. rechts (LL bzw. RL)

Video Sprungwurf		**Kraftmessplatte**										**Anthropometrie**	
		CMJ Pmax	h	SJ Pmax	h	LL Pmax	h	RL Pmax	h	Sprungbein Pmax	h	Grösse	Körpermasse
Sprunghöhe	r	–.36	.13	–.39	.06	.03	.36	–.05	.17	–.00	.37	.23	–.17
	p	.13	.59	.10	.81	.91	.15	.86	.49	.99	.12	.34	.48
Treibhöhe	r	–.26	.12	–.21	.19	.27	.42	.23	.36	.23	.37	–.27	–.43
	p	.28	.63	.39	.44	.28	.08	.35	.13	.34	.12	.26	.07

Tabelle 3: Korrelationen nach Pearson zwischen den Sprung- und Treibhöhen des Sprungwurfes und den relativen maximalen Leistungen und Höhen auf der Kraftmessplatte bzw. anthropometrischen Daten.

ren Explosivkraft für die Sportart Handball in dieser Alters- bzw. Leistungsklasse [4, 5]. Die Symmetrie zwischen den einbeinigen Absprüngen links und rechts ist mit 1,43% sehr gut. Das bilaterale Defizit der maximalen Leistung von minus 19,37% und der Effect of Prestretch von 4,17% decken sich mit den Ergebnissen der Leistungsdiagnostik bei Handballern [5, 6] oder anderen Spielsportarten.

In der Korrelationsanalyse resultieren unerwartet niedrige, mehrheitlich nicht signifikante Koeffizienten zwischen den Sprung- und Treibhöhen einerseits und den maximalen Leistungsparametern auf der Kraftmessplatte andererseits *(Tab. 3)*. Ebenfalls nicht signifikant ist die Relation zwischen anthropometrischen Daten und Sprunghöhe bzw. Treibhöhe.

Auch bei den einfachen Feldtests [7] Standweitsprung beidbeinig, Jump and Reach, 30-m-Sprint, 5er-Hupf beidbeinig besteht keine signifikante Beziehung zu Sprung- und Treibhöhen im Sprungwurf (Daten nicht präsentiert).

Diskussion

Die verlässliche Beurteilung und Objektivierung der Absprungfähigkeiten von Spielern entspricht im Spitzensport einem Bedarf seitens der Trainer und Athleten. Die Beziehung zwischen unspezifischen, auf Kraftmessplatten gemessenen Tests und spielspezifischen, mit Videokameras aufgezeichneten Absprüngen ist wesentlich für die Einordnung der Testergebnisse und die daraus resultierenden Trainingsempfehlungen.

Das Hauptergebnis der vorliegenden Untersuchungen ist, dass unerwarteterweise die auf der Kraftmessplatte «im Labor» ermittelten maximalen Leistungen und Sprunghöhen auf der Kraftmessplatte nicht signifikant mit der Sprunghöhe beim Sprungwurf korreliert sind, zumindest nicht im vorliegenden, recht homogenen Kollektiv von jungen Spitzenhandballern. Die Korrelationen sind relativ niedrig (bis max. 0.4), zum Teil resultieren unplausible Vorzeichen. Insbesondere erlauben die Messwerte des Quattrojumps kein individuelles Ranking der Sprunghöhen. Mehrere Ursachen für diesen nur losen Zusammenhang sind denkbar:

- Beim Auswerten der Videoaufnahmen wurden positionsbedingte Anpassungen der Technik des Sprungwurfes deutlich. So führten Flügel- und Kreisspieler eher einen weiten flachen Sprungwurf aus, und Rückraumspieler bevorzugten eine hohe Variante. Eventuell könnte ein «methodischer Zwang», wie das Bilden einer «Mauer» o.ä., das Fokussieren auf die Höhe für die Spieler verschiedener Positionen erleichtern. Ausserdem wurde der Sprungwurf aufgrund einer Standardisierung aus zwei Schritten Anlauf durchgeführt, was nur *einer* möglichen Spielsituation entspricht.
- Die grosse Homogenität des Kollektivs (d.h. die schmale Verteilung der interessierenden Variablen) wirkt sich nicht fördernd auf statistische Zusammenhänge aus.
- Der Einfluss des «isolierten» konditionellen Faktors Explosivkraft ist neben der Absprungtechnik und der Koordination mit der Abwurfbewegung vorhanden, aber determiniert nicht dominant die Höhe.
- Die Sprunghöhe des Sprungwurfes wird über die Flugzeit aus den Videobildnummern des Abflug- und Landebildes bestimmt. Da es sich bei den Videoaufnahmen um keine Hochfrequenzkameras gehandelt hat, ist eine gewisse Ungenauigkeit vorhanden. Wird die Absprung- oder Landeposition um ein Halbbild falsch bestimmt, ergibt sich eine Abweichung von rund 2,45 cm. Da das Verfahren mit möglichst einfachen, kostengünstigen Videokameras auch für Trainer in der Praxis realisierbar sein sollte, wurden diese Ungenauigkeiten bewusst in Kauf genommen.

Die gute Symmetrie zwischen den einbeinigen Absprüngen links und rechts ist deckungsgleich mit Werten aus leichtathletischen Disziplinen [6]. Die Explosivkraft des Sprungbeines ist bei Absprüngen aus dem Stand gleich gross wie am anderen Bein. Erst wenn ein Anlauf oder/und eine Koordination mit den Armen und dem Schwungbein dazukommt, ist eine Absprungseite bevorzugt.

In Beantwortung der eingangs gestellten Fragen stellen wir zusammenfassend fest, dass sich aufgrund von Quattrojump-Werten die im Sprungwurf erreichte Höhe von Spitzenhandballern nicht mit befriedigender Genauigkeit vorhersagen lässt. Die Messungen mit Kraftmessplatten für die Niveaubestimmung der Explosivkraft und für die Ableitung von Trainingsempfehlungen im konditionellen Bereich scheinen uns dennoch sinnvoll. Falls Trainer Informationen über die realen Sprunghöhen wünschen, ist der Einsatz von Video im hier vorgeschlagenen Sinne ebenfalls zu empfehlen. Beim Ermitteln der Sprunghöhen mittels Video wären Hochfrequenzkameras ratsam.

Dank an:

- Peter Battanta für die Mithilfe bei der Auswertung der Videofilme,
- alle Handballer des Spitzensportlehrganges, ohne die die Durchführung dieser Tests unmöglich gewesen wäre.

Korrespondenzadresse:

Klaus Hübner, Bundesamt für Sport, Eidgenössische Hochschule für Sport, 2532 Magglingen, Schweiz,
E-Mail: klaus.huebner@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

1 *BASPO, Swiss Olympic:* Voraussetzung für die Aufnahme in den RS-Spitzensportler-Lehrgang in Magglingen (RS-SLG). Magglingen, 2000.
2 *Tschopp M., Swiss Olympic:* Manual Leistungsdiagnostik Kraft, Version 2.0, Magglingen, 2003, 8–9, 26–39.
3 *Knoll K.:* Entwicklung von biomechanischen Messplätzen und Optimierung der Sporttechnik im Kunstturnen, Köln: Sport und Buch Strauss, 1999, 71.
4 *Grossenbacher A., Bourban P., Held T., Marti B.:* Schnellkraftdiagnostik mit einer Kraftmessplatte: Ergebnisse bei Spitzensportlern, Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraumatol., 46 (4), 1998, 150–154
5 *BASPO, Swiss Olympic Medical Center Magglingen:* Quattro-Jump Merkblatt, 2002.
6 *Hübner K.:* Sportartspezifische Mittelwerte bei Explosivkrafttests der unteren Extremität, (nicht publiziert), SOMC Magglingen, 2003.
7 *Hübner K., Tschopp M., Buholzer O., Clénin G.:* Lassen sich Explosivkraftmessungen auf der Kraftmessplatte durch einfache Feldtests ersetzen? – Studie mit 19 Handballern des U 21-Nationalkaders. Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraumatol., 53 (3), 2005, 106–109.