
Biomechanische Leistungsdiagnostik von leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen unter Einsatz eines Inertialmesssystems zum Trainingsmonitoring

Jürgen Edelman-Nusser, Nico Ganter & Kerstin Witte

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

Problem

Die Rotationstechniken in den leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen Kugelstoß, Diskus- und Hammerwurf lassen sich als komplexe Ganzkörperbewegungen mit dem Ziel der maximalen Beschleunigung des Gerätes charakterisieren. Die bisher eingesetzten videobasierten Verfahren scheinen im Rahmen einer Technikdiagnostik nur eingeschränkt geeignet zu sein, um die Charakteristik der Drehbewegungen vollständig zu erfassen (Dickwach, 2006). Probleme ergeben sich dabei unter anderem in Bezug auf die Genauigkeit, die geringe zeitliche Auflösung und den Aufwand für entsprechende Analysen. Neue sensorbasierte Systeme ermöglichen die direkte Messung kinematischer Größen an den verschiedenen Körpersegmenten und bieten aufgrund ihrer zunehmenden Miniaturisierung neue Möglichkeiten für die Analyse von Ganzkörperbewegungen. Für die Wurf- und Stoßtechniken erscheint der Einsatz eines entsprechenden Systems insbesondere in Bezug auf die Erfassung der zeitlichen und räumlichen Koordination der Teilbewegungen der einzelnen Segmente interessant und lässt Potential für den Einsatz im Rahmen der Technikdiagnostik vermuten.

Das Ziel des Projektes bestand zunächst in einer Evaluierung eines Ganzkörperinertialmesssystems (GIM) in Bezug auf die Aspekte Genauigkeit und Erfassung leistungsrelevanter Bewegungsparameter in den leichtathletischen Disziplinen Kugelstoß, Diskus- und Hammerwurf. Ein zweiter Aspekt bezog sich auf die praktische Eignung des GIM zur Technikdiagnostik im Hochleistungssport.

Methode

Evaluierung des GIM

Eine Evaluierung der Genauigkeit des GIM (MVN, Firma Xsens, Niederlande) erfolgte über eine vergleichende Messung mit einem optischen infrarotbasierten Referenzsystem (VI; Vicon MX) im Labor. Ein Proband (männlicher Sportstudent/ 24 Jahre/ 1,79 m/ 75 kg) trug während der Messung das GIM, bestehend aus einem Lycra-Anzug, 16 integrierten Sensoreinheiten und 2 Mastereinheiten. Jede Sensoreinheit integriert 3D Beschleunigungsaufnehmer (Messbereich $\pm 50 \text{ m/s}^2$), 3D Gyroskope (Messbereich $\pm 1200^\circ/\text{s}$) und 3D Magnetfeldsensoren. Auf dem Lycra-Anzug des GIM wurden insgesamt 39 passive reflektierende Marker entsprechend des Plugin-Gait-Marker Sets für das VI platziert. Die Aufzeichnung von jeweils zwei Bewegungsformen ähnlich der Diskustechnik und der Kugelstoß-Angleittechnik (jeweils ohne Gerät) erfolgte mit jeweils 120 Hz und parallelem Highspeed-Video

(Casio, Exilim EX-F1; 300 Hz). Zur zeitlichen Synchronisation der Systeme wurde vor jeder Bewegung ein Vertikalsprung aufgezeichnet.

Praktischer Einsatz des GIM zur Technikdiagnostik

Die Technikdiagnostik wurde am Messplatz Wurf/Stoß des Instituts für angewandte Trainingswissenschaft (IAT) in Leipzig mit einem Probanden (männlicher Sportstudent/ 22 Jahre/ 1,88 m/ 84 kg; 15 Jahre Leichtathletiktraining; Bestleistungen Diskus: 48 m; Kugel: 15 m) durchgeführt. Dieser absolvierte jeweils 3 Versuche für die Bewegungstechniken Kugelstoß (Angleittechnik), Kugelstoß (Drehstoßtechnik) und Diskuswurf (1 kg-Diskus), die mit dem GIM (17 Sensoreinheiten; 120 Hz) und Highspeed-Video (Casio, Exilim EX-F1; 300 Hz) aufgezeichnet wurden.

Datenauswertung

Aus den Highspeed-Videos konnten zunächst die Phasen der Bewegung und die Zeitpunkte der Bewegungsposen bestimmt werden (vgl. Abb. 1). Für das GIM wurden dann jeweils ausgewählte leistungsrelevante kinematische Parameter (Winkel, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen) für den Bewegungsablauf auf der Basis des biomechanischen Modells (23 Segmente, 22 Gelenke) berechnet und mit den berechneten Größen des VI-Systems verglichen.



Abb. 1. Bewegungsposen eines Diskuswurfes (nach Bartlett, 1992; von links nach rechts): T1: maximaler Rückschwung; T2: Lösen rechter Fuß; T3: Lösen linker Fuß; T4: Setzen rechter Fuß; T5: Setzen linker Fuß; T6: Lösen des Diskus

Ergebnisse

Abb. 2 zeigt exemplarisch den Vergleich der resultierenden Gelenkgeschwindigkeiten der Wurfarmseite zwischen GIM und VI.

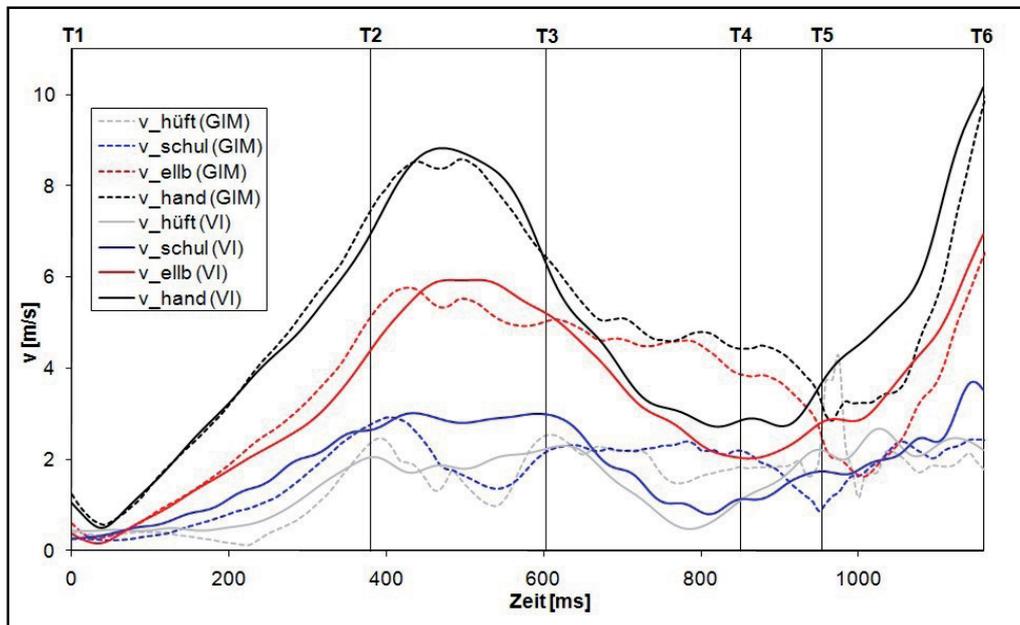


Abb. 2. Darstellung der resultierenden Geschwindigkeiten des Hüft-, Schulter-, Ellbogen- und Handgelenks der rechten Wurfarmseite mit dem GIM und VI für die Bewegungsform Diskuswurf (Bewegungsposen T1 bis T6).

Abb. 3 zeigt die Verläufe ausgewählter Körperwinkel bei einem Diskuswurf am Messplatz Wurf/Stoß.

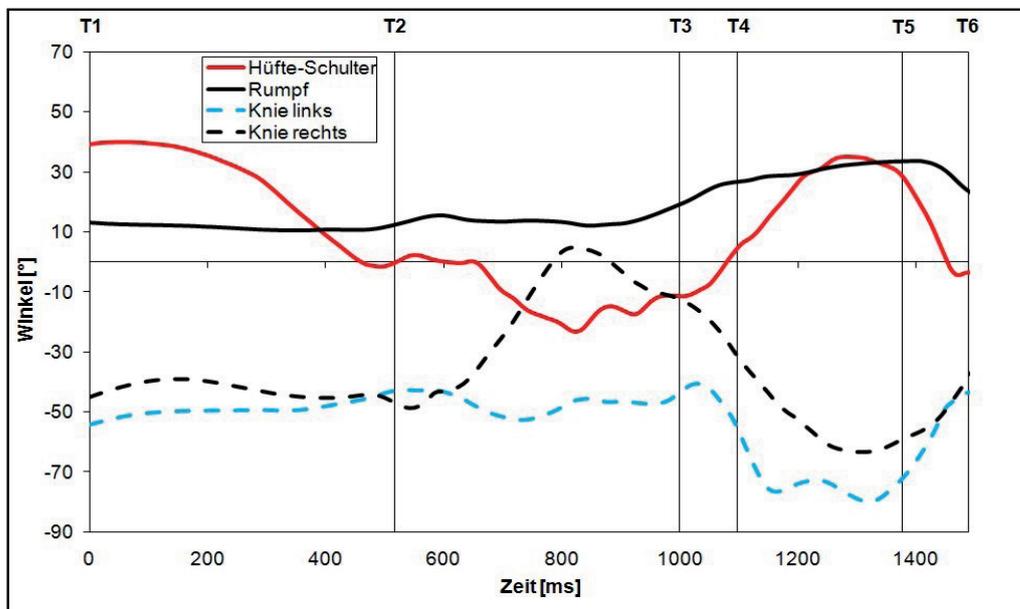


Abb. 3. Winkel des linken und rechten Kniegelenks ($< 0^\circ$: Flexion), Hüfte-Schulter-Verdrehung ($> 0^\circ$: Hüftlinie führt vor der Schulterlinie) und Rumpfwinkel ($> 0^\circ$: Vorwärtsneigung) eines Diskuswurfes (Bewegungsposen T1 bis T6).

Diskussion und Ausblick

Aus dem Vergleich des GIM mit einem infrarotbasierten Referenzsystem ergeben sich für eine Vielzahl der kinematischen Parameter für die spezifischen Bewegungsformen qualitativ und quantitativ sehr hohe Übereinstimmungen. Problematisch zeigen sich die Beschleunigungsspitzen im Bereich des Wurf-/Stoßarmes innerhalb der letzten Wurfphase, die mit den verwendeten 5g-Einheiten nur unzureichend erfasst werden können und daraus Abweichungen bei den Geschwindigkeitsmaxima und Bahnverläufen der Gelenkpunkte resultieren. Zwischenzeitlich wird hier auf 18g-Einheiten zurückgegriffen, um die Datenqualität zu erhöhen.

Der praktische Einsatz des GIM zur Technikdiagnostik ermöglicht eine zeitnahe individuelle Analyse der zeitlichen und räumlichen Koordination der Körpersegmente zur Beschleunigung des Gerätes mit hoher zeitlicher Auflösung. Über entsprechende Auswerteroutinen können leistungsrelevante Parameter damit sofort verfügbar gemacht werden. Ein Vergleich von z. B. Körperwinkeln (Abb. 3) mit der Literatur muss jedoch immer die Spezifik der Winkeldefinition unter Verwendung verschiedener Messverfahren berücksichtigen. Für die Auswertung kann eine erste 3D-Visualisierung der Bewegungsausführung unmittelbar mit der Systemsoftware erfolgen. Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Kinematik des Gerätes nicht direkt erfasst wird und so eine zusätzliche Videoinformation notwendig wird. Die Rückwirkung des Systems auf den Sportler während der Bewegungsausführung wurde in den ersten Untersuchungen als eher gering eingeschätzt.

Die bisherigen Erkenntnisse verdeutlichen das Potential des GIM für die Technikanalyse in den Wurf- und Stoßdisziplinen, da die Vorteile (direkte Messung von Rotationen, hohe zeitliche Auflösung, Messung im Feld, geringer zeitlicher Aufwand für Aufnahme und Analyse) mögliche Nachteile (Rückwirkung, Kinematik des Gerätes nur über zusätzliche Information) überwiegen. Die Relevanz der Ergebnisse muss jedoch in Studien im Hochleistungsbereich überprüft werden.

Literatur

- Bartlett, R. M. (1992). The biomechanics of the discus throw: A review. *Journal of sports sciences*, 10 (5), 467-510.
- Dickwach, H. (2006). Zur Angleittechnik im Kugelstoßen auf der Grundlage der biomechanischen Wettkampfanalysen und leistungsdiagnostischer Untersuchungen. In K. Wohlgefahrt & S. Michel (Hrsg.), *Beiträge zur speziellen Trainingswissenschaft Leichtathletik* (S. 145-158). Hamburg: Czwalina.