
Bewegungsanalyse des Volleyballangriffsschlags

Claas H. Kuhlmann, Karen Roemer (Projektleiterin) & Thomas L. Milani

Technische Universität Chemnitz, Institut für Sportwissenschaft

Problem

Weltweit spielen mit steigender Tendenz ca. 200 Mio. Menschen Volleyball (Aagaard et al., 1997), während Fußball von ca. 250 Mio. Menschen gespielt wird (Dvorak et al., 2000). Volleyball ist somit eines der meistgespielten Sportspiele weltweit. Der Angriffsschlag von Position 4 hat dabei den Hauptanteil an den Punktgewinnen (Kuhlmann et al., 2008). Als leistungsrelevante Parameter für den Angriffsschlag gelten die Handlungshöhe (Neef & Heuchert, 1978) sowie die Schlaghärte (Quade, 1988; Weishoff, 2002). Um eine weitere Leistungssteigerung zu ermöglichen, soll analysiert werden, welche biomechanischen Parameter der Sprung- und Schlagtechnik einen Einfluss auf Handlungshöhe und Schlaghärte haben. Taktische Einflussgrößen wurden bewusst nicht betrachtet.

Methode

In verschiedenen Aufnahmesets wurden bis zu zehn digitale High-Speed Kameras (3-mal Basler, 1-mal Vosskühler bzw. 8-mal Basler, 2-mal Vosskühler) jeweils mit einer Aufnahmefrequenz von 100 Hz herangezogen, die rund um das Spielfeld positioniert waren. Diese Kameras wurden gleichzeitig von einem PC über eine geeignete Software (SIMI Motion-Capture, Version 7.5) angesteuert und getriggert. Die Bildfrequenz für die jeweiligen Aufnahmen wurde bei allen digitalen Kameras über die zugehörige Software elektronisch reguliert. Die Triggeregenauigkeit und die Frequenzgenauigkeit wurden in einer eigenen Voruntersuchung überprüft, bei der sich keine praxisrelevanten Ungenauigkeiten ergaben. Die Kameras wurden mit 16 Markern mit bekannten 3D-Koordinaten kalibriert. Eine Überprüfung der Systemgenauigkeit ergab eine maximale Abweichung von 9 mm. In den Videos wurden ausgewählte Körperpunkte manuell markiert und hieraus die 3D-Koordinaten der markierten Körperpunkte berechnet. Die Spielbedingungen, Angriffsart und das Zuspiel wurden standardisiert, um nur vergleichbare Bewegungen auszuwerten. Aus der Gesamtheit der Angriffe, welche alle Kriterien erfüllten, wurden zufällig 10 Angriffe unterschiedlicher Spieler ausgewählt.

Ergebnisse und Diskussion

In diesem Abschnitt kann nur eine kleine Auswahl der untersuchten Parameter exemplarisch dargestellt werden.

Sprunghöhe und Balltreffzeitpunkt

Die maximale Handlungshöhe gilt als leistungsrelevanter Parameter beim Volleyballangriffsschlag (Neef & Heuchert, 1978). Während Coleman, Benham und Northcott (1993) noch feststellten, dass der Ball nicht zum Zeitpunkt der maximalen Sprunghöhe getroffen wurde, konnten in dieser Studie nur geringe Abweichungen des Balltreffzeitpunktes in Bezug auf den Zeitpunkt der maximalen Sprunghöhe nachgewiesen werden. Der Ball wurde von $n = 10$ Spielern mit einem durchschnittlichen zeitlichen Versatz des KSP von der maximalen Sprunghöhe von $5 (\pm 6)$ mm getroffen. Das entsprechende Zeitintervall betrug $17 (\pm 13)$ ms (Kuhlmann et al., 2007). Es kann also festgestellt werden, dass Spieler auf heutigem Europaliganiveau den Ball nahezu im höchsten Punkt des Sprunges treffen. Hier ist keine Reserve für eine Verbesserung der Handlungshöhe zu erkennen. Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass Trainingsmaßnahmen zur Verbesserung der Handlungshöhe gegenüber dem Training eines optimalen Timings in dieser Leistungsklasse präferiert werden sollten. Auf diesem Ergebnis basieren die weiteren unten beschriebenen Teiluntersuchungen.

„Closing time“ und Bodenkontaktzeit

Die sogenannte „Closing-time“ ist das Zeitintervall zwischen Fußaufsatz des Stemmbeines und Fußaufsatz des Beistellbeins. Sie betrug im Mittel $0,2 (\pm 0,03)$ s. Der Zusammenhang von „Closing-time“ und Sprunghöhe beträgt $r = -0,34$ und ist auf dem 5 %-Signifikanzniveau nicht signifikant. Auch bei der Bodenkontaktzeit (BKZ) konnten keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden. Aus physikalischer Sicht müsste eine kürzere Bodenkontaktzeit bei gleichzeitig höherer Kraftspitze höhere Sprunghöhen ermöglichen. Die BKZ wurde getrennt für Stemmbein und Beistellbein sowie für beide Beine gemeinsam betrachtet. Keiner der genannten Parameter wies im interindividuellen Vergleich signifikante Zusammenhänge zur Sprunghöhe auf. Bei intraindividuellen Vergleichen mehrerer Angriffsschläge eines Spielers konnten jedoch diverse Zusammenhänge festgestellt werden (Kuhlmann et al., 2008).

Die Ergebnisse zu Closing-time und BKZ im interindividuellen Vergleich lassen auf einen unterschiedlich stark ausgeprägten Krafteinsatz der Sportler schließen. Da keine kinetischen Daten erhoben werden konnten, lässt sich in dieser Untersuchung nicht abschließend klären, welche Variante bei gleichem Krafteinsatz die besseren Resultate liefert. Um diese Fragestellung zu klären, müssen Folgeuntersuchungen im Labor stattfinden, welche auch die Kinetik berücksichtigen.

Maximale Gelenkwinkelgeschwindigkeiten

Es ist evident, dass die Sprunghöhe von der Koordination der unteren Extremitäten abhängig ist. Bei der Betrachtung der maximalen Gelenkwinkelgeschwindigkeiten der unteren Extremitäten (MAV) beim Absprung konnte jedoch keine einheitliche Lösung für die Koordination gefunden werden. Sechs Probanden verwandten eine zeitliche Abfolge der MAV von Hüfte, Knie und Sprunggelenk von proximal nach distal, während vier Probanden ein gleichzeitiges Auftreten der MAV von Hüfte, Knie

und Sprunggelenk zeigten. Durch die Betrachtung der zeitlichen Abfolge der MAV aller Gelenke in Verbindung mit der Sprunghöhe konnte gezeigt werden, dass die maximale Sprunghöhe immer kleiner war als der Mittelwert, wenn die MAV in zeitlicher Reihenfolge auftrat. Nur ein Proband erreichte eine höhere Sprunghöhe mit einer zeitlichen Reihenfolge der MAV. Die Berechnung von Kendall's Korrelationstest zeigte einen hohen Zusammenhang einer gleichzeitigen Abfolge der MAV und einer höheren Sprunghöhe ($r_T = 0.82$; $p < 0.05$). Diese Ergebnisse im Feld decken sich mit Ergebnissen von Bobbert und van Ingen Schenau (1988) in einer Laboruntersuchung.

Für den Schlagarm konnten erwartete Korrelationen zwischen der Schulterwinkelgeschwindigkeit während des Schlages und der Ballgeschwindigkeit nach dem Schlag ($r = 0,78$; $p < 0,05$) sowie der Geschwindigkeit des Ellenbogenwinkels während der Schlagbewegung und der Ballgeschwindigkeit nach dem Schlag ($r = 0,8$; $p < 0,01$) gefunden werden. Die Armbewegung wies intraindividuell eine Korrelation von bis zu $r = 0,99$ auf (Roemer et al., 2007).

Es handelt sich beim Volleyballangriffsschlag in der höchsten Leistungsklasse um sehr individuelle Bewegungen. Ein „Technikleitbild“, wie früher gefordert, wird den Ansprüchen an Flexibilität und Variabilität eines guten Angreifers nicht mehr gerecht. Aus diesem Grund muss in der Ausbildung des Nachwuchses großer Wert auf individuelles Training und auf die Ausprägung der individuell optimalen Technik gelegt werden. Frank et al. (2008) beleuchten einen Ansatz, wie dies umgesetzt werden könnte und stellen Studien zu diesem Thema dar.

Um die individuell optimale Technik frühzeitig zu erkennen, bedarf es weiterer Untersuchungen im Bereich Talentförderung und Biomechanik. Der Aufbau eines Messplatzes zur individuellen Technikdiagnostik für die schnelle Rückmeldung im Trainingsbetrieb und zur Messung von Parametern, die nicht leicht von außen erkennbar sind, erscheint notwendig. Diese Methode des Techniktrainings kann anschließend systematisch in das Nachwuchstraining des Deutschen Volleyballverbandes einfließen.

Literatur

- Aagaard, H., Scavenius, M. & Jorgensen, U. (1997). An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball. *International journal of sports medicine*, 18, 217-221.
- Bobbert, M.F. & van Ingen Schenau, G.J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of biomechanics*, 21, (3), 249-262.
- Coleman, S.G.S., Benham, A.S. & Northcott, S.R. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of sports science*, 11, 295-302.
- Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Peterson, L. & Junge, A. (2000). Risk factors and incidence of injuries in football players. *American journal of sports medicine*, 28, S1-S2.
- Frank, T.D., Michelbrink, M., Beckmann, H. & Schöllhorn, W.I. (2008). A quantitative dynamical systems approach to differential learning: self-organization principle and order parameter equations. *Biological cybernetics*, 98, 19-31.
- Kuhlmann, C.H., Roemer, K. & Milani, T.L. (2007). Aspects of a three dimensional motion analysis of the volleyball spike in high level competition. In H.J. Menzel & M.H. Chagas (Eds.), *Proceedings. XXV Annual Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports (ISBS)*. Belo Horizonte, 47-50.
- Kuhlmann, C.H., Roemer, K., Zimmermann, B., Milani, T.L. & Fröhner, B. (2008). Vergleichende Analyse von Technikparametern beim Angriff in definierten Spielsituationen im Volleyball. Eine Einzelfallanalyse. *Leistungssport*. (im Druck).
- Neef, W. & Heuchert, R. (1978). Kennzeichnung der Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen den Handlungshöhen und Handlungspositionen von Angreifer und Block einerseits und der Trefffläche im gegnerischen Feld andererseits im Volleyball. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Deutschen Hochschule für Körperkultur Leipzig*. 19 (2), 127-136.
- Quade, K. (1988). Der Armzug beim Angriffsschlag. *Volleyballtraining: Lehre + Praxis für Trainer und Sportler*, 12 (4), 54-55.
- Roemer, K., Kuhlmann, C.H. & Milani, T.L. (2007). Body angles in volleyball spike investigated by modelling methods. In H.J. Menzel & M.H. Chagas (Eds.), *Proceedings. XXV Annual Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports (ISBS)*. Belo Horizonte, 329-333.
- Weishoff, P. (2002). Attacking. In D. Shondell & C. Reynaud (Eds.), *Volleyball Coaching Bible*. Champaign IL: Human Kinetics.

Danksagung:

SIMI-Reality Motion Systems, GmbH, München.