

Steffen Kerner

(2. Preisträger Referate wissenschaftlicher Nachwuchs)

Der Einfluss der Armschwungbewegung auf die translato- rischen und rotatorischen Anteile des Gesamtimpulses bei Absprüngen mit Breitenachsendrehungen im Turmspringen¹

Summary

The maximization of the jump momentum plays a crucial role in technical and acrobatic sports. For the take-off in backward somersault in diving a research design needs to be developed in order to quantify the influence of arm swing on the fraction of translational and angular momentum. The current study found that the parameters jump height, jump distance, angular momentum and angular velocity are mainly determined by the arm swing. In conclusion, the study determined that an extended arm executed at the highest velocity possible has the greatest effect on jump momentum.

Zusammenfassung

Die Maximierung des Absprungimpulses spielt in den technisch-akrobatischen Sportarten eine entscheidende Rolle. Für den Absprung zum Salto rückwärts im Turmspringen soll ein Untersuchungsdesign entwickelt werden, um den Einfluss der Armschwungbewegung auf die Anteiligkeiten von Translations- und Drehimpuls näher zu quantifizieren. Es zeigte sich, dass die Zielgrößen Sprunghöhe, Sprungweite, Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit maßgeblich

¹ Betreuerin der Arbeit ist Frau Prof. Dr. Maren Witt, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

durch den Armschwung determiniert werden. Die gestreckte und mit hoher Geschwindigkeit ausgeführte Armbewegung erzeugt die größte Wirkung auf den Absprungimpuls.

Schlagworte: Turmspringen, Absprungimpuls, Armschwung, Inertialsensoren

1. Einleitung

Im Wasserspringen nimmt der Absprung eine Schlüsselrolle in der Struktur der Wettkampfleistung ein. Nur während des Absprunghes kann der Sportler die notwendigen Absprungparameter generieren, um die geforderte Sprungfigur erfolgreich zu absolvieren (Köthe & Hildebrand, 2005). Bei der Maximierung der Absprungimpulse spielt die Armbewegung eine entscheidende Rolle (Miller & Munro, 1985; Harman, Rosenstein, Frykman & Rosenstein, 1990). Neben der Vergrößerung des Absprungimpulses kommt der Optimierung der Anteiligkeit von Translations- und Drehimpuls eine wesentliche Bedeutung für die erfolgreiche Ausführung von Höchstschwierigkeiten zu. In der Praxis sind enorme Unterschiede in der Bewegungsausführung zu beobachten. Bisher gibt es keine sportartspezifischen Untersuchungen zur Gestaltung des Armschwunges während der Absprungphase im Turmspringen, so dass keine zeitlichen und dynamischen Zielparameter bezüglich der Ausführung des Armeinsatzes existieren.

2. Theoretische Ausgangssituation

Aus biomechanischer Sicht kann der Schwungeinsatz zu einer Vergrößerung des Gesamtkraftstoßes vor allem durch die Verlängerung des Beschleunigungsweges und somit zu einer erhöhten vertikalen Absprunggeschwindigkeit führen. Ursachen dafür liegen in der Erhöhung des Gesamtenergiebetrages durch eine Energieübertragung der Arme auf den Körper (Lees, 2004). Des Weiteren führt der Armschwung zu veränderten Arbeitsbedingungen in einzelnen Gelenken, so dass günstigere Arbeitsbedingungen für die beteiligten Muskeln herrschen und somit größere Kräfte und Gelenkmomente erzielt werden können (Hara, 2008). Weitere Erklärungsmechanismen liegen in der zusätzlichen Energiespeicherung in den elastischen Strukturen und der zusätzlichen Aktivierung von Hauptantriebsmuskeln (Ashby & Delp, 2006; Bobbert & Casius, 2005).

Betrachtungen bezüglich des Drehimpulses beim Absprung zeigen, dass besonders schnelle Bewegungen der oberen Extremitäten einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Drehimpulses haben. Der Anteil des Armschwunges am Gesamtimpuls liegt zwischen 30 und 43 Prozent für das Kunstspringen

(Miller und Munro, 1985). Aufgrund des fehlenden elastischen Widerlagers vergrößert sich der Anteil für das Turmspringen auf 50 bis 74 Prozent. Mit zunehmender Anzahl an Breitenachsendrehungen nehmen die Anteile des Armschwunges allerdings zugunsten des Beinantriebs ab.

3. Zielstellung und Erwartungshaltung

Ziel ist es, den Einfluss des Armschwunges auf die Anteiligkeiten von Translations- und Drehimpuls am Beispiel des Absprunges zum Salto rückwärts im Turmspringen zu erfassen und in Bezug auf die Bewegungsaufgabe zu optimieren. Zur Unterstützung des Messplatztrainings sollen individuelle parameterbasierte Lösungsvarianten entwickelt werden. Es gibt die Erwartungshaltung, dass die Bewegungsausführung mit einer hohen Bewegungsgeschwindigkeit und gestreckter Armführung die größte Wirkung auf den Absprungimpuls erzeugt (E1). Wir erwarten, dass durch die zeitliche Variation des Armeinsatzes die Anteiligkeiten des Gesamtimpulses moduliert werden können. Ein zeitlich früherer Einsatz der Armbewegung unterstützt die Generierung des vertikalen Impulses (E2), ein späterer Einsatz die des Drehimpulses (E3).

4. Lösungsweg

Für eine Sofortinformation im zukünftigen Messplatztraining müssen die Daten sensorbasiert erhoben werden. Deshalb wurde in einem ersten Schritt mit Hilfe einer zweidimensionalen Bewegung (liegend Anreißen) das Inertialsystem mit der kinematischen Analyse gegenübergestellt. Anschließend erfolgte ein Methodenvergleich relevanter Bewegungsparameter bei einfachen vertikalen Absprungbewegungen in Kombination mit unterschiedlichen Armführungen. Für das Anreißen ergibt sich zwischen den Untersuchungsmethoden (Bildanalyse resp. Inertialsensor) eine sehr hohe Übereinstimmung in den Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufen. Bei einfachen vertikalen Absprüngen mit den Inertialsensoren konnten die zeitlichen Strukturen sehr gut abgebildet werden, die Amplituden der Segmentgeschwindigkeiten unterscheiden sich zum Teil deutlich. Es zeigte sich, dass für die distalen Segment Schwerpunkte eine größere Übereinstimmung als für die proximalen erreicht wird. Die Erkenntnisse um die Arbeitsgruppen von Ganter (2011) und Krüger (2010) konnten bestätigt werden.

Im nächsten Untersuchungsschritt führte eine Kaderathletin 21 Absprünge mit verschiedenen Armbewegungen (angewinkelter vs. gestreckter Ellbogenwinkel; bewusst langsamer vs. schneller Armschwung; früher vs. später Armeinsatz) und zwei Technikvarianten (Abstoppen, bewusstes Armkreisen) aus. Vor jedem Block wurden zwei Absprünge in Vorzugshaltung absolviert, um Übertragungseffekte zu vermeiden.

Alle Absprünge wurden mit einem 3-D-Highspeedsystem (CONTEMPLAS, HD, 240/480 Hz, 3 Simi Motion Kameras, 100 Hz) aufgezeichnet und in SimiMotion ausgewertet. Als Inertialmesssystem kam der MVN-Anzug der Fa. Xsens zum Einsatz (Einzelsensor 16 g, 120 Hz). Das MIS – Wasserspringen, bestehend aus einer dynamometrischen Plattform, einer Videokamera (50 Hz) und einer Triggerdiode, diente zur Synchronisation aller Untersuchungsmethoden und unterstützte anhand relevanter globaler Parameter die Reduktion der zur 3-D-Auswertung herangezogenen Absprünge.

Aus den Bodenreaktionskraftverläufen des MIS werden die globalen Parameter Sprunghöhe (SH) und Sprungweite (SW) ermittelt. Die integrierte Videoanalyse (2-D) liefert für definierte Posen die entsprechenden Gelenkwinkel. Aus der 3-D-Videoanalyse werden die Zielgrößen Drehimpuls (L) und die Winkelgeschwindigkeit (ω) des Gesamtkörpers sowie die segmentbezogenen Anteile bestimmt. Die erfassten Segmentbewegungen, der Körperschwerpunkt und Gelenkwinkel können mit den Daten des MVN-Systems verglichen werden. Als relevante Parameter werden Absprungimpuls (Anteiligkeit von Rotation und Translation), Teilimpulse der Segmente, Gelenkmomente und bewegungsbeschreibende Parameter berechnet.

5. Hauptergebnisse

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen die Auswertungen der globalen Parameter für alle Armschwungbewegungen vor (siehe Tab. 1).

Tab. 1. Übersicht der globalen Parameter [MW \pm STABW]; SH: Sprunghöhe, SW: Sprungweite, Ω = Winkelgeschwindigkeit, L = Drehimpuls

Variante	SH [cm]	SW [cm]	ω [°/s]	L in [Nms]
Vorzugshaltung	29 \pm 1,5	77 \pm 7,3	643 \pm 67,4	45 \pm 4,3
Angewinkelt	26 \pm 4,2	75 \pm 7,1	618 \pm 44,5	42 \pm 1,9
Gestreckt	30 \pm 0,6	87 \pm 1,7	706 \pm 21,5	49 \pm 2,4
Langsam	26 \pm 0,6	87 \pm 6,4	622 \pm 25,4	43 \pm 1,7
Schnell	30 \pm 2,6	83 \pm 2,0	688 \pm 45,3	49 \pm 1,5
Früher Einsatz	29 \pm 2,1	95 \pm 8,1	525 \pm 30,4	36 \pm 2,5
Später Einsatz	23 \pm 1,5	98 \pm 6,6	754 \pm 44,2	54 \pm 2,2
Abstoppen	31 \pm 2,1	82 \pm 2,8	587 \pm 123	39 \pm 7,6
Armkreis	29 \pm 1,4	76 \pm 4,2	600 \pm 102	41 \pm 8,9

Es zeigt sich der erwartete Einfluss, dass die gestreckte und schnelle Armführung zu bevorzugen ist. Sogar im Vergleich zur Vorzugshaltung erzielen die Absprungvarianten höhere Werte in den Zielgrößen der Translation und in der Rotation. Für die Erwartungshaltungen E2 und E3 zeigen sich folgende Tendenzen: Beim zeitlich späten Einsatz wird zwar die höchste Winkelgeschwindigkeit erzielt, dies aber auf Kosten einer geringen Sprunghöhe. Der frühe Einsatz führt zu einer deutlichen Reduktion des Drehimpulses bei vergleichbarer Sprunghöhe.

Im nächsten Schritt werden die Anteiligkeiten der Segmente in Relation zum erzielten Drehimpuls analysiert. Die Unterschiede zwischen der Bewegungsausführung sollen anhand charakteristischer Bewegungsparameter aufgezeigt werden. Es bleibt die Frage zu klären, ob sich diese Unterschiede auch in den erhobenen Sensordaten abbilden. Abschließend soll die Untersuchung auf eine Kleingruppe erweitert werden.

Literatur

Ashby, B. M., & Delp, S. L. (2006). Optimal control simulations reveal mechanisms by which arm movement improves standing long jump performance. *J. Biomech.*, 39, 1726-1734.

Bobbert, M. F., & Casius, L. J. (2005). Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? *Med Sci Sports Exerc*, 37 (3), 440-446.

Ganter, N., Krüger, A., Gohla, M., Witte, K. & Edelmann-Nusser, J. (2010). Applicability of a full body inertial measurement system for kinematic analysis of the discus throw. in Jensen, R. et al. (2010). *Proceedings of the 28th Conference of the ISBS*. 799-802.

Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D.C. & Fukushima, S. (2008). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27, 636-648.

Harman, E. A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N. & Rosenstein, R.M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (6), 825-833.

Köthe, T. & Hildebrand, F. (2005). Eine biomechanische Abschätzung der Wirkungen von Teilkörperbewegungen bei Technikvarianten im Wasserspringen. *Leistungssport*, 3, 33-38.

Krüger, A. & Edelmann-Nusser, J. (2010). Application of a full body inertial measurement system in alpine skiing: A comparison with an optical video based system. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 516-521.

Lees, A., Vanrenterghem, J. & Clercq, D.D. (2004). Understanding how an arm swing enhance performance in vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37, 1929-1940.

Miller, D.I. & Munro, C.F. (1985). Greg Louganis Springboard Takeoff: II Linear and Angular Momentum Considerations. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 288-307.

Verfasser

Kerner,Steffen, Fachgebiet Biomechanik, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität