
Startleistung Schwimmen mit besonderer Berücksichtigung der Eintauch- und der Umlenkphase

Armin Kibele (Projektleiter) & Sebastian Fischer

Universität Kassel, Institut für Sport und Sportwissenschaft

Problemstellung

Der Startleistung im Schwimmen wird eine für den Wettkampferfolg entscheidende Bedeutung zugewiesen, wobei deutsche Schwimmer gegenüber der internationalen Spitze bislang markante Defizite aufweisen. Dabei ist über den optimalen Bewegungsablauf während der Blockphase, der Flugphase sowie insbesondere während der Eintauch- und Umlenkphase und den diesbezüglich leistungsrelevanten Bewegungsmerkmalen noch bemerkenswert wenig bekannt. Während die Untersuchungen von Counsilman et al. (1988) Vorteile eines flachen Eintauchens nahelegen, wurden bei Mills und Gehlens (1996) Vorteile für das steile Eintauchen unabhängig vom Geschlecht gefunden. Hobbie (1980), Gu, Tsai und Huang (2003) und Kibele et al. (2007) konnten keine Hinweise auf einen Vorteil einer dieser Varianten finden. Neben der Eintauchstrategie wird auch für die Gleitgeschwindigkeit nach dem Eintauchen ein hoher Einfluss auf die Startzeit vermutet (Bonnar, 2001; Guimaeres & Hay, 1985; Cossor & Mason, 2001). Die derzeit noch offenkundigen Forschungsdefizite könnten mit Auswerteproblemen in der Unterwasserphase zu tun haben, wobei Blasenbildung und mit gerissene Luft einer präzisen Digitalisierung der Segmentendpunkte im Wege stehen. Mittels eines speziellen Approximationsverfahrens wurde im vorliegenden Projekt trotz Sichtbehinderungen das Bewegungsverhalten in der Eintauchphase kinematisch erfasst.

Methode

Für die Bestimmung der Körpersegmente wurden wegen der eingeschränkten Sichtverhältnisse (anstatt der End- bzw. Gelenkpunkte) durch eine Regressionstechnik die einfacher auszuwertenden Segmentmittellinien erfasst. Der Algorithmus zur Bestimmung von Körpersegmentkoordinaten bei unscharfen Sichtbedingungen (ABKuS) beruht auf folgender Überlegung: Ein gemeinsamer Gelenkpunkt benachbarter Segmente ergibt sich durch den Schnittpunkt der Mittellinien dieser Segmente. Unter Berücksichtigung der Besonderheiten für die Körperendsegmente: Hand, Kopf und Fuß sowie für das Rumpfsegment sind sämtliche Segmentkoordinaten damit gut zu bestimmen. In einer ersten Querschnittuntersuchung wurden 16 männliche Spitzenschwimmern und 2 weibliche Spitzenschwimmerinnen einem Schnelligkeitstest mit elektronischer Zeitnahme unterzogen. Neben der Erfassung der Schwimmzeit wurde eine biomechanische Analyse des Startverhaltens durchgeführt, wobei die Kinematik auf dem Block und in der Flugphase über eine Startkamera sowie das Eintauchverhalten über eine Unterwasserkamera aufgezeichnet wurde. Die Startleistung wurde als Zeitdifferenz zwischen dem Startsignal und dem 7,5 m Kopfdurchgang mit einer separaten Überwasserkamera erfasst. Mittels des ABKuS Verfahrens wurde das

Bewegungsverhalten der Eintauch- und Umlenkphase, beginnend mit dem ersten Wasserkontakt bis zur ersten horizontalen Ausrichtung des Rumpfsegmentes, parametrisiert und ausgewertet. In einer anschließenden zweiten Studie wurden dann zwei im Hinblick auf das Eintauchverhalten parallelisierte Untergruppen mit jeweils 5 Teilnehmern einer Lernintervention mit zwei unterschiedlichen Eintauchvarianten (flach versus steil) unterzogen. Neben den jeweils spezifischen Bewegungsanweisungen wurden den Teilnehmern der Gruppe „flaches Eintauchen (flat entry)“ das Maximum der Horizontalkraft sowie der Eintauchwinkel und eine Präsentation der Startzeitlupensequenz rückgemeldet. Die Gruppe „steiles Eintauchen (pike entry)“ erhielt demgegenüber Rückmeldungen über die Vertikalkraft sowie über den Eintauchwinkel und ebenfalls die Startzeitlupensequenz. Die Lernintervention mit drei Übungseinheiten und jeweils fünf Starts sowie einem Post-Test war auf die Zielgröße: Eintauchwinkel für die Gruppe „flat entry“ von $\leq 35^\circ$ ausgelegt, während die Gruppe „pike entry“ einen Winkel $\geq 40^\circ$ ansteuern sollte. Es wurden die jeweils drei besten Starts jedes Schwimmers für jede Intervention in eine zweifaktoriellen Varianzanalyse einbezogen.

Ergebnisse

Für die erste Querschnittuntersuchung konnten statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Startleistung und den folgenden Parametern ermittelt werden: mittlere horizontale Geschwindigkeit in der Eintauch- und Umlenkphase, Zeitdifferenz vom ersten Wasserkontakt bis zur ersten horizontalen Ausrichtung des Rumpfsegmentes, horizontalen Abfluggeschwindigkeit, Drehimpuls und dem Geschwindigkeitsverlust in der Eintauch- und Umlenkphase. Betrachtet man ausschließlich die Grab-Starter alleine, so finden sich signifikante Korrelationen auch für horizontale Kraftmaximum und den Eintauchwinkel des KSP zur Horizontalen zum Zeitpunkt des Wassereintritts. Für die weitere Analyse wurde die Gesamtstichprobe der 16 männlichen Spitzenschwimmer in „bessere“ Starter (geringer Geschwindigkeitsverlust des Körperschwerpunktes in der Horizontalen während der Eintauch- und Umlenkphase) und in „schlechtere“ Starter (hoher Geschwindigkeitsverlust in der Eintauch- und Umlenkphase) unterteilt. Beide Gruppen unterscheiden sich in der mittleren horizontalen Geschwindigkeit des KSP in der Eintauch- und Umlenkphase, in der maximalen vertikalen Angriffsfläche, in dem Hüftwinkel zum Zeitpunkt des Wassereintritts des KSP und in der Startleistung.

In der Längsschnittuntersuchung zeigt sich für die Faktoren Messwiederholung und Gruppenzugehörigkeit eine hochsignifikante Wechselwirkung bei den Merkmalen Absprungwinkel, Abflugwinkel des KSP sowie für den Eintauchwinkel und die mittlere horizontale Geschwindigkeit in der Eintauchphase. Tendenziell zeigt auch die horizontale Abfluggeschwindigkeit des KSP eine Wechselwirkung auf, verfehlt aber das Signifikanzniveau. Ein globaler Trainingseffekt ist für das Maximum der Vertikalkraft und für die Startleistung zu verzeichnen.

Diskussion

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zeigen, dass es technikübergreifende Bewegungsmerkmale gibt, die die Startleistung bedingen. Die horizontale Abfluggeschwindigkeit, der Drehimpuls und die mittlere horizontale Geschwindigkeit in der Eintauch- und Umlenkphase können als von der Starttechnik unbeeinflusste Kriterien zur Abschätzung der Startleistung herangezogen werden. So ist davon auszugehen, dass darüber hinaus Merkmale vorliegen, die spezifisch für die jeweilig zu betrachtende Startart als Kriteriumsleistung herangezogen werden können. Dazu zählt insbesondere das horizontale Kraftmaximum, das innerhalb der Gruppe der Grabstarter einen höheren Korrelationskoeffizienten mit der Startleistung aufweist als die horizontale Abfluggeschwindigkeit. Die Studie zeigt nachdrücklich, dass dem Eintauch- und Umlenkverhalten eine für die Startleistung determinierende Bedeutung zukommt. So minimieren die besseren Starter den Geschwindigkeitsverlust durch einen Delphin-Beinkick gekennzeichnet mit einer größeren Bewegungsamplitude im Kniewinkel. Weiterhin zeigen bessere Starter eine größere vertikale Angriffsfläche im Übergang in die horizontale Schwimmlage auf, die mit einer längeren Zeitdauer vom ersten Wasserkontakt bis zur ersten horizontalen Ausrichtung des Rumpfsegmentes verbunden ist. Der Hüftwinkel ist bei besseren Startern zum Zeitpunkt des Eintauchens des KSP aufgelöst bis tendenziell leicht überstreckt. Betrachtet man die Überwasserphase gesondert, so konnten weder für die Blockzeit noch in der horizontalen Abfluggeschwindigkeit des KSP Unterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden.

Die Änderung des Eintauchwinkels in einer Längsschnittsuntersuchung bewirkt auch eine Änderung des Absprungwinkels sowie des KSP-Abflugwinkels. Es zeigt sich, dass eine Ansteuerung des Eintauchwinkels auch Änderungen des Bewegungsverhaltens auf dem Startblock mit sich bringt. Ein flaches Eintauchen erzeugt eine höhere horizontale Abfluggeschwindigkeit (bei nahezu unveränderter Blockzeit) sowie eine geringere mittlere horizontalen Geschwindigkeit in der Eintauch- und Umlenkphase. Während ein steiles Eintauchen (bei leicht verlängerter Blockzeit) zu einer verringerten horizontalen Abfluggeschwindigkeit führt, findet sich eine erhöhte Horizontalgeschwindigkeit in der Eintauch- und Umlenkphase. Vor- und Nachteile heben sich scheinbar auf, wobei als Kriterium des Eintauch- und Umlenkvorgangs eine Minimierung des Geschwindigkeitsverlustes in der Horizontalen maßgeblich ist. Es bietet sich daher an, den mittleren Geschwindigkeitsverlust in der Eintauchphase als Kennwert zur Effektivität des Eintauchvorgangs heranzuziehen, da eine hohe Endgeschwindigkeit bei 7,5 m eine Ausgangsvoraussetzung für einen effektiven Übergang in die Schwimmbewegung darstellt.

Literatur

- Bonnar, S. (2001). *An analysis of selected temporal, anthropometric, and kinematic factors affecting the velocity of the grab and track starts in swimming*. Honors Thesis at the University of Edinburgh, Scotland.
- Cossor, J.M. & Mason, B.R. (2001). *Swim start performance at the Sydney 2000 Olympic Games* (www.coachesinfo.com Zugriff am 13.12.2004).
- Counsilman, J.E., Counsilman, B.E., Nomura, T. & Endo, M. (1988). *Three types of grab starts for competitive swimming*. *Swimming Science V - 5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 81-91). Champaign, IL : Human Kinetics.
- Gu, Tsai & Huang (2003). *The Effect of Two Swimming Entry Skills on Glide Performance* (www.ntnu.edu.tw/acad/docmeet/rm11.doc Zugriff am 04.09.2008)
- Guimaeres, A.C.S. & Hay, J.G. (1985). A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International journal of sport biomechanics*, 1, 25-35.
- Hobbie P. (1980). Analysis of the Flat vs. The Hole Entry. *Swimming technique*, 4, 112-117
- Kibele, A., Siekmann, T., Fischer, S. & Ungerechts, B. (2007). Biomechanische Leistungsdiagnostik zum Startsprung im Schwimmen. *Leistungssport*, 4, 51-57.
- Mills, B.D. & Gehlsen, G. (1996). Examining vertical velocity measurements in the pike and flat swimming starts and preference for male and female collegiate swimmers. *Journal of human movement studies*, 30 (5), 195-199.