
Auswirkungen nicht zirkulärer Kettenblätter auf physiologische Parameter im Handcyclesport (AZ 071614/10)

Sebastian Zeller & Thomas Abel (Projektleiter)

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft

Problemstellung

Ein Handcycle ist ein speziell konstruiertes, dreirädriges Fahrrad, welches mit den Armen betrieben wird und deshalb vor allem von Menschen genutzt wird, bei denen eine Behinderung im Bereich der unteren Extremität vorliegt. Auf Grund der verschiedenen funktionellen Möglichkeiten (z. B. unterschiedliche Läsionshöhen bei einer Querschnittlähmung) und deren Auswirkungen werden die Athleten bzw. Athletinnen in Klassen eingeteilt. Die Sportart Handcycling ist seit den Paralympics 2004 in Athen Teil des Kanons der Spiele und hat in den vergangenen Jahren eine enorme Leistungsentwicklung erfahren. Die dabei entstandene und stetig zunehmende Leistungsdichte erfordert einen immer größeren Aufwand der Athleten bzw. Athletinnen, um aus leistungssportlicher Sicht konkurrenzfähig zu bleiben. Neben leistungsphysiologischen Untersuchungen und der davon abgeleiteten wissenschaftlichen Trainingssteuerung steht auch die Weiterentwicklung des Sportgerätes Handcycle – beispielsweise durch den Einsatz von nicht-zirkulären Kettenblättern – im Mittelpunkt wissenschaftlicher Studien.

Der Einsatz von nicht-zirkulären Kettenblättern beschränkt sich zurzeit auf den Radsport. Hier wurden bereits in den 70er Jahren durch Hendersen (1977) Untersuchungen durchgeführt. In weiteren Untersuchungen (Belen et al., 2007; Cullen et al., 1992; Henderson et al., 1977; Hue et al., 2007; Hue et al., 2001; Hull et al., 1992; Martinez et al., 2006; Rankin & Neptune, 2008; Ratel et al., 2004) wurden die Auswirkungen von unterschiedlichen nicht-zirkulären Kettenblättern auf physiologische Parameter während kurzer submaximaler Belastungen betrachtet. Die hierbei dargestellten Ergebnisse zeigen ein inkonsistentes Bild. Auch in der Theorie erarbeitete physikalische Optimierungsansätze und daraus abgeleitete Bauweisen, welche in der Arbeit von Rankin und Neptune (2008) dargestellt werden, führen in der Praxis zu keiner signifikanten Verbesserung. Aktuell weist eine Studie, die den Einsatz von „Q-Rings“ (Fa. Rotor Bike Components, Spanien) im Radsport betrachtet, deutliche Unterschiede nach (Martinez et al., 2006).

Durch die dargestellte Problematik ergibt sich folgende Fragestellung: Lassen sich beim Einsatz von nicht zirkulären Kettenblättern im Handcycling signifikante Unterschiede im Vergleich zu herkömmlichen zirkulären Kettenblättern auf leistungsphysiologischer Ebene feststellen?

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden acht Athletinnen und Athleten des deutschen Handcycle-Bundeskaders auf Vorschlag des Bundestrainers untersucht. Auf Grund der differierenden Sitzposition und zur Realisierung einer hohen Sport-

artspezifität, wurden die Tests im eigenen Handcycle durchgeführt. Die als heterogen zu bezeichnenden Ergebnisse einer vorgeschalteten Drehmomentanalyse ließen grundsätzlich eine individuelle Anpassung der Montage der nicht-zirkulären Kettenblätter als notwendig erscheinen. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten individuell deutliche Verbesserungen, im Sinne einer leistungsphysiologischen Ökonomisierung, durch den Einsatz der nicht-zirkulären Kettenblätter nachgewiesen werden. Nach Abschluss der Untersuchungen entschieden sich etwa die Hälfte der Probandinnen und Probanden dazu, die nicht-zirkulären Kettenblätter auch im Wettkampf einzusetzen. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse wird an dieser Stelle aus Gründen des Datenschutzes und um Ergebnisse einzelner Athletinnen und Athleten nicht publik zu machen verzichtet. Neben den Untersuchungen des nationalen Kaders erfolgten zur Absicherung der Ergebnisse Untersuchungen mit Probandinnen bzw. Probanden, die über einen guten Trainingszustand der oberen Extremität, aber über keine Handcycle Erfahrung verfügten.

Methodik

In der vorliegenden Studie wurden zwölf männliche Probanden, mit einem guten Trainingszustand der oberen Extremitäten, im Alter von 22 bis 30 Jahren untersucht (Größe: $184,08 \pm 3,99$ cm, Gewicht: $77,13 \pm 7,02$ kg). Es handelte sich um Studierende der Sportwissenschaften, die Triathlon, Schwimmen, Kanu oder Rudern als Sportart auf Leistungssportlicher Ebene betreiben. Es wurden keine Handcycle-Sportler bzw. Sportlerinnen in die Probandengruppe aufgenommen, um mögliche Einflüsse auf Grund von Trainingsadaptationen auszuschließen. Die einzelnen Untersuchungen erfolgten im Abstand von mindestens zwei Tagen im Labor des Instituts für Bewegungs- und Neurowissenschaft der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Testpersonen absolvierten zunächst einen Eingangstufentest, um die metabolische Belastung analog zu einer Laktatkonzentration von 4mmol/l berechnen zu können und die entsprechende Wattlast für die Steuerung des Dauertests nutzen zu können. Am zweiten und dritten Untersuchungstag wurden jeweils zwei 20-Sekunden-Maximaltests vor und nach einem 20-Minuten-Dauertest durchgeführt. Hierbei wurde das zirkuläre (Fa. SHIMANO CORP., Japan) und nicht zirkuläre Kettenblatt (Fa. ROTOR BIKE COMPONENTS, Spanien) randomisiert eingesetzt. Während der Maximaltests wurde die maximale und durchschnittliche Leistung gemessen. Im Anschluss an die Tests wurde den Probanden bzw. Probandinnen zur Bestimmung der Laktatkonzentration aus dem hyperämisierten Ohrläppchen Blut entnommen. Die Dauertests beinhalteten zusätzlich die Messung der Herzfrequenz, der Sauerstoffaufnahme, der Kohlendioxidabgabe, des respiratorischen Quotienten und der Kurbelfrequenz. Desweiteren wurde das subjektive Belastungsempfinden der Probanden bzw. Probandinnen anhand der Borg-Skala (Hue et al., 2001) notiert.

Kettenblätter

Es wurden zirkuläre (Fa. SHIMANO CORP., Japan) und nicht zirkuläre (Fa. ROTOR BIKE COMPONENTS, Spanien) Kettenblätter untersucht. Beide Varianten hatten 52 Zähne. Die nicht zirkulären Kettenblätter sind für den Einsatz im Rennradsport mit fünf Montagepositionen ausgestattet. Um eine standardisierte Position für alle Testpersonen voraussetzen zu können wurde die vierte Position gewählt, da in dieser Einstellung der beste Kompromiss zwischen Sitzposition und individuellen Charakteristika der Kurbelzyklen aus theoretischer Sicht zu finden ist. Hierbei zeigt die Kurbel senkrecht auf die vom Hersteller vorgegebene Position.

Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Standardfehler während der Dauertests, jeweils nach 10 und 20 Minuten, für die ovalen und normalen Kettenblätter dargestellt. Es wird die absolute Sauerstoffaufnahme, die relative Sauerstoffaufnahme, die Herzfrequenz, die Kohlendioxydabgabe, der respiratorische Quotient und die Laktatkonzentration aufgeführt. Desweiteren wird die Ruhelaktatkonzentration vor den Dauertests aufgeführt. Es wurden keine signifikanten Unterschiede bei den Ergebnisse gefunden.

Tab 1. Mittelwerte (8) und Standardfehler (SE) der Parameter in den Dauertests

Kettenblatt	oval				normal			
	10min.		20min.		10min.		20min.	
Messzeitpunkt								
Statistik	8	SE	8	SE	8	SE	8	SE
Absolute Sauerstoffaufnahme (ml/min)	1826,81	90,31	1853,91	97,47	1823,64	89,80	1858,27	99,96
Relative Sauerstoffaufnahme (ml/min/kgKG)	23,85	1,36	24,22	1,44	23,59	0,98	24,09	1,26
Herzfrequenz (S/min)	120,55	4,06	121,09	4,53	124,64	5,12	125,09	5,23
Kohlendioxydabgabe (ml/min)	1679,91	100,88	1718,82	103,36	1691,27	84,46	1694,09	96,17
Respiratorischer Quotient (CO ₂ /O ₂)	0,91	0,02	0,92	0,01	0,93	0,01	0,91	0,01
Laktatkonzentration (mmol/l)	6,32	0,38	5,37	0,58	6,23	0,48	5,08	0,46

In Abb. 1 ist die maximale Leistung im Verlauf der vier Maximaltests dargestellt. Die Leistung wurde jeweils mit dem nicht-zirkulären (ovalen) und zirkulären (normalen) Kettenblatt erzielt. Hier zeigt sich, dass während des dritten Tests die höchste maximale Leistung erzielt werden konnte, allerdings konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Ergebnisse der T-Tests ergeben einen signifikanten Unterschied für die Variablen der ovalen und normalen Kettenblätter beim ersten 20-Sekunden-Sprint in der maximalen Leistung ($p = 0,01^*$), im Sinne einer Leistungsoptimierung durch den Einsatz des nicht-zirkulären Kettenblattes.

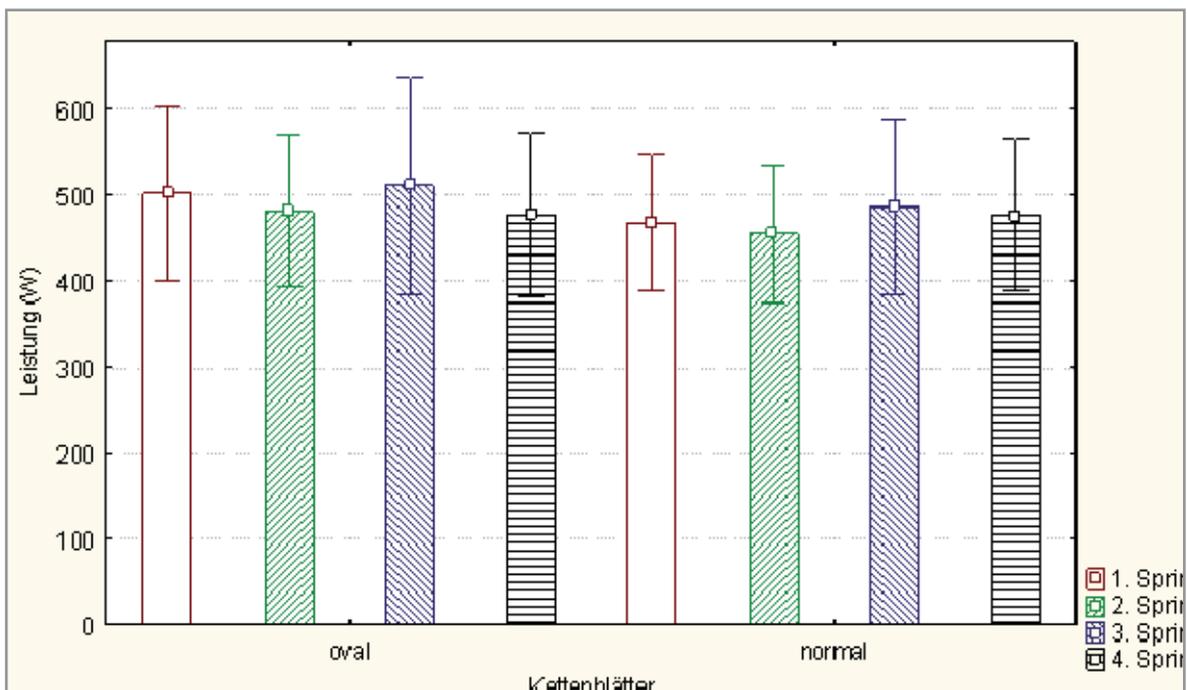


Abb. 1. Mittelwerte (8) und Standardabweichungen (SD) der maximalen Sprintleistungen

In Abb. 2 werden die Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für die ordinal-skalierten Werte der Borg-Skala dargestellt. Hierbei konnte eine Signifikanz (0,04*) für den zweiten Messzeitpunkt bei unterschiedlichem Kettenblatt festgestellt werden, wobei die Probanden und Probandinnen die Belastung während der Nutzung des nicht zirkulären Kettenblattes subjektiv als weniger intensiv einstufen.

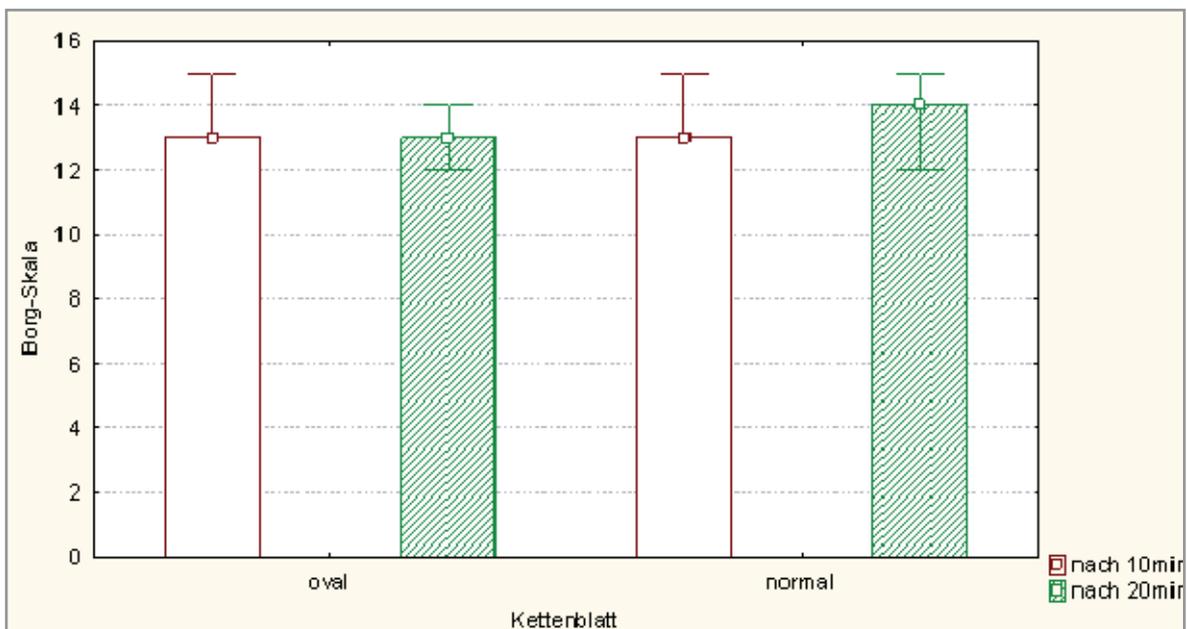


Abb. 2. Median, Minimum und Maximum der Borg-Skala Werte während der Dauertests

Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte eine Optimierung mit Hilfe nicht zirkulärer Kettenblätter aus leistungsphysiologischer Sicht nur für den ersten 20-Sekunden-Maximaltest festgestellt werden. Hierbei wurde sowohl eine höhere maximale als auch durchschnittliche Leistung gemessen. Aus subjektiver Sicht der Testpersonen wurde die Belastung während der Dauertests mit dem nicht- zirkulären Kettenblatt als weniger intensiv eingeschätzt.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die heterogene Leistungsfähigkeit im gesamten Verlauf der vier 20-Maximal-Tests deuten jedoch darauf hin, dass eine intensive Aufwärmphase vor einem solchen Test als notwendig anzusehen ist, da im dritten Maximal-Test die höchste maximale Leistung erzielt wurde. Auch könnten die geringen, nicht signifikanten Unterschiede beispielsweise in der Herzfrequenz von Athleten bzw. Athletinnen als Orientierungshilfe angesehen werden ohne, dass dies einer wissenschaftlichen Betrachtung standhalten würde.

Literatur

- Belen, L. et al. (2007). The performance and efficiency of cycling with a carbon fiber eccentric chainring during incremental exercise. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 47 (1), 40-45.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2 (2), 92-98.
- Cullen, L. K., et al. (1992). Efficiency of trained cyclists using circular and noncircular chainrings. *International journal of sports medicine*, 13 (3), 264-269.
- Faupin, A., et al. (2008). Effects of backrest positioning and gear ratio on nondisabled subjects' handcycling sprinting performance and kinematics. *Journal of rehabilitation research and development*, 45 (1), 109-116.
- Henderson, S. C., Ellis, R. W., Klimovitch, G. & Brooks, G. A. (1977). The effects of circular and elliptical chainwheels on steady-rate cycle ergometer work efficiency. *Medicine and science in sports*, 9 (4), 202-207.
- Hue, O., et al. (2007). The use of an eccentric chainring during an outdoor 1 km all-out cycling test. *Journal of science and medicine in sport*, 10 (3), 180-186.
- Hue, O., et al. (2001). Enhancing cycling performance using an eccentric chainring. *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (6), 1006-1010.
- Hull, M. L., et al. (1992). Physiological response to cycling with both circular and noncircular chainrings. *Medicine and science in sports and exercise*, 24 (10), 1114-1122
- Janssen, T. W., Dallmeijer, A. J. & van der Woude, L. H. (2001). Physical capacity and race performance of handcycle users. *Journal of rehabilitation research and development*, 38 (1), 33-40.
- Lindschulten, R. (2008). Einfluss von leistungsphysiologischen, biomechanischen sowie taktischen Faktoren auf die Leistung beim Handbiken. Dissertation, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Martinez, A. C., Vicente, G. V., Calvo, J. S. & Zudaire, I. L. (2006). Preliminary Report on Q-Rings. University of Valladolid, Spain.
- Rankin, J. W. & Neptune, R. R. (2008). A theoretical analysis of an optimal chainring shape to maximize crank power during isokinetic pedaling. *Journal of biomechanics*, 41 (7), 1494-1502.
- Ratel, S., et al. (2004). Physiological responses during cycling with noncircular "Harmonic" and circular chainrings. *European journal of applied physiology*, 91 (1), 100-104.