

Einfluss des Smart-Crank Pedalsystems auf Parameter der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit beim Radfahren

Billy Sperlich (Projektleiter)¹, Matthias Hägele², Stefan Zelle², Björn Kramer²,
Heinz Kleinöder¹ & Joachim Mester^{1,2}

¹Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,

²Deutsche Sporthochschule Köln, Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport,

Einleitung

Zur Verbesserung der Tritttechnik, insbesondere des tangentialen Drehmoments, werden im Radsport neben visuellen Feedbackmethoden (Sanderson & Cavanagh, 1990) auch ungekoppelte Kurbelsysteme wie beispielsweise das Smart Crank („SC“, SmartCrank GmbH, Schweiz) oder Power Crank System (PowerCranks Inc., USA) verwendet. Die Entkopplung der Kurbelgarnitur ermöglicht es dem Radfahrer mit jedem Bein, unabhängig vom anderen, ein antriebswirksames Drehmoment zu entwickeln. Durch diese asymmetrische Kurbelbewegung („unrunder Tritt“) kommt es aufgrund des veränderten Bewegungsmusters zu einer Erhöhung des Energieverbrauch (Sargeant & Davies, 1977; McCartney et al., 1983; Marsh & Martin, 1995).

Eigene Studien deuten darauf hin, dass das Radfahren mit einem SC Kurbelsystem im Vergleich zu handelsüblichen Kurbelsystemen eine bis zu 50 % höhere EMG-Aktivität der Beinbeuge-, Beinstreck- und Hüftstabilisationsmuskulatur während des Tretzyklus provoziert. Dabei kommt es zu einer deutlich größeren Aktivierung der im Trittzyklus „ziehenden und Bein hebenden“ Muskulatur (M biceps femoris, M rectus femoris). Entsprechendes Training der am Tretzyklus beteiligten Muskulatur, beispielsweise mittels SC Kurbel, könnte zu einem ökonomischeren Tretmuster führen, woraus schließlich eine verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit und womöglich gesteigerten Leistungsabgabe resultieren.

Das Ziel der Studie war es, folgende Fragestellungen zu beantworten:

1. Führt ein sechswöchiges Training mit dem Smart Crank System zu einer Verbesserung der Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktat (P_4) in einem Stufentest bzw. zu einer Reduktion der Sauerstoffaufnahme (VO_2) während submaximaler Belastung?
2. Resultiert aus dem Training eine Veränderung der dynamischen sowie isometrischen Maximalkraft der Beinmuskulatur im Vergleich zu einer Kontrollgruppe?
3. Führt das Training zu einer Verbesserung der maximalen (P_{max}) sowie mittleren Leistungsabgabe (P_{mittel}) bei kurzzeitigen Maximalbelastungen?

Methodik

Untersuchungsgruppe

An der Studie beteiligten sich 18 gesunde Radsportler und Triathleten ($76,3 \pm 7,3$ kg, $182,0 \pm 10,7$ cm, maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) zu Studienbeginn: $62,4 \pm 9,5$ ml/min/kg,) mit einer Trainingshäufigkeit von mindestens 4 Trainingseinheiten pro Woche. Keiner der Teilnehmer (TN) wies Vorerfahrungen mit dem SC oder vergleichbarem Kurbelsystem auf. Die TN wurden anhand Ihrer Leistung bei 4 mmol/l (P_4) in eine mit SC Kurbel trainierende Gruppe (SCG) und eine Kontrollgruppe (KG) eingeteilt.

Untersuchungsdesign

Sämtliche Daten wurden vor und nach einer 6 wöchigen Trainingsintervention erhoben. Die P_4 sowie submaximale VO_2 wurden in einem Stufentest (Start: 100 Watt, Steigerung 40 Watt/5min) auf einem Fahrradergometer (Schoberer Rad Messtechnik SRM, Jülich) ermittelt. Zu Testbeginn sowie am Ende jeder Stufe wurde 20 μ l Blut aus dem Ohrläppchen zur Bestimmung der arteriellen Laktatkonzentration entnommen. Die Atemgase wurden fortlaufend mit einer offenen Spirometrieanlage (Typ ZAN 600 USB, ZAN Messgeräte GmbH, Oberthulba) im Einzelatemzugsverfahren registriert.

Die Erhebung der P_{max} sowie P_{mittel} erfolgte in einem 30 sekündigen Maximaltest („Wingate Test“) auf demselben Ergometer. Das Ergometer regelte nach einem Startsignal die Trittfrequenz auf 120 Umdrehungen pro Minute bei maximaler körperlicher Ausbelastung der TN. Der höchste Wert (P_{max}) sowie die mittlere Leistungsabgabe innerhalb der 30 Sekunden wurden zur statistischen Analyse verwendet.

Die isometrische (F_{isomax}) sowie dynamische Maximalkraft (F_{dynmax}) der Beinstreck- und Beugemuskulatur wurde an Kraftgeräten (Gym 80 International GmbH) mit entsprechend ausgestatteten Kraft- und Wegsensoren (Mechatronic GmbH) ermittelt.

Trainingsphase

Die TN der SCG trainierten 4 Trainingseinheiten (TE) pro Woche mit SC-Kurbeln ausgestatteten Rennrädern auf Cyclus2 Trainingsergometern (RBM Elektronikautomation GmbH, Leipzig), wobei die KG entsprechend mit handelsüblichen Kurbeln trainierte. Die Leistung wurde bei 80 % der P_4 (ca. 2 mmol/l Blutlaktat) individuell festgelegt. Die Dauer der TE in der ersten Woche betrug 15×2 min mit jeweils dreißig Sekunden Pause zwischen den Intervallen. Die Belastung wurde jeweils nach zwei Einheiten um zwei Minuten gesteigert (Pause 30 s).

Ergebnisse

Diagnostik und Training

Insgesamt wurden 96 % aller TE von allen Probanden absolviert. Keiner der erhobenen Parameter zeigte statistische Unterschiede im Pre-post-Vergleich anhand einer t-Test Analyse. Sämtliche Daten sind in Tab. 1 aufgeführt sowie ausgewählte Parameter in Abb. 1 dargestellt.

Tab. 1: *Pre-Post Parameter (Mittelwert \pm Standardabweichung) beider Gruppen.*

Parameter	Test	„Smart Crank“- Gruppe	Kontrollgruppe	P
P ₄ [Watt]	Pre	231,9 \pm 69,6	237,7 \pm 60,8	n.s.
	Post	243,0 \pm 62,2	240,1 \pm 64,2	
P _{4rel} [Watt/kg]	Pre	3,35 \pm 0,65	3,26 \pm 0,61	n.s.
	Post	3,50 \pm 0,58	3,31 \pm 0,73	
VO ₂ Stufe1 [l/min/kg]	Pre	1,97 \pm 0,35	2,02 \pm 0,44	n.s.
	Post	2,07 \pm 0,41	1,90 \pm 0,37	
VO ₂ Stufe 2 [l/min/kg]	Pre	2,44 \pm 0,40	2,49 \pm 0,42	n.s.
	Post	2,51 \pm 0,37	2,45 \pm 0,38	
VO ₂ Stufe 3 [l/min/kg]	Pre	2,97 \pm 0,46	3,10 \pm 0,37	n.s.
	Post	3,05 \pm 0,42	3,06 \pm 0,40	
VO ₂ Stufe 4 [l/min/kg]	Pre	3,59 \pm 0,57	3,91 \pm 0,32	n.s.
	Post	3,50 \pm 0,45	3,87 \pm 0,48	
VO ₂ Stufe 5 [l/min/kg]	Pre	4,46 \pm 0,34	4,54 \pm 0,03	n.s.
	Post	4,37 \pm 0,28	4,54 \pm 0,29	
VO ₂ Stufe 6 [l/min/kg]	Pre	5,24 \pm 0,18	5,04 \pm 0,28	n.s.
	Post	4,94 \pm 0,24	5,39 \pm 0,56	
Maximale Leistung [Watt]	Pre	1020,9 \pm 272,1	981,4 \pm 281,8	n.s.
	Post	1027,7 \pm 268,1	1008,9 \pm 309,3	
Mittlere Leistung [Watt]	Pre	644,1 \pm 200,9	621,0 \pm 193,3	n.s.
	Post	658,1 \pm 202,7	662,1 \pm 219,9	
F _{isom} Leg Extension [N]	Pre	2331,8 \pm 551,5	2259,6 \pm 591,2	n.s.
	Post	2359,7 \pm 540,6	2384,0 \pm 682,2	
F _{dyn} Leg Extension [N]	Pre	1067,3 \pm 299,6	1056,6 \pm 310,3	n.s.
	Post	1070,3 \pm 256,3	1078,7 \pm 387,1	
F _{isom} Leg Curl [N]	Pre	1209 \pm 290,6	1266,7 \pm 421,4	n.s.
	Post	1221 \pm 288,7	1304,1 \pm 423,3	
F _{dyn} Leg Curl [N]	Pre	714,4 \pm 205,4	773,7 \pm 246,7	n.s.
	Post	741,7 \pm 223,0	806,4 \pm 261,3	

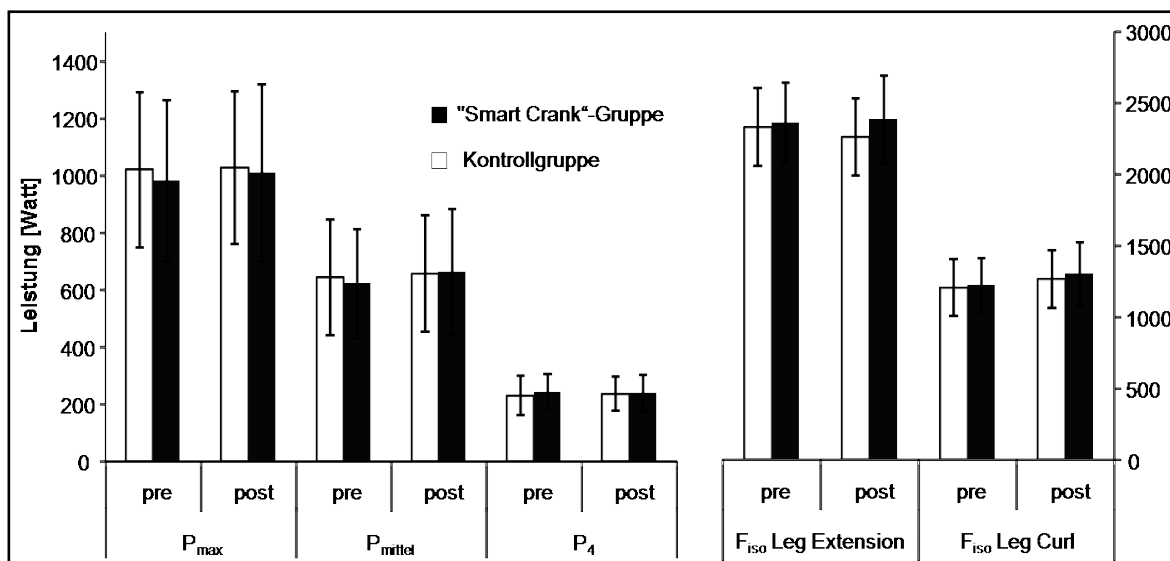


Abb. 1: Maximale (P_{max}) und mittlere Leistung (P_{mittel}), Leistung bei 4 mmol/Blutlaktat (P_4) sowie isometrische Kraftmaxima für Beinstrecker und Beinbeuger (F_{iso}) beider Gruppen im pre-post Vergleich.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die spezifische Ansteuerung und Aktivierung der „kurbelziehend und anhebenden“ Muskulatur zu keiner Verbesserung leistungsrelevanter Parameter führt. Luttrell und Potteiger (2003) haben erstmals die Auswirkungen des Power Crank-Systems untersucht. Sie konnten eine Reduktion der VO_2 bei geringer Belastungsintensität (50 % der VO_{2max}) nachweisen, was die Autoren auf eine ökonomischere Tretarbeit zurückführen. Allerdings müssen die TN dieser Studie, gemessen an der VO_{2max} ($52,3 \pm 3,1 \text{ ml/min/kg}$), als verhältnismäßig untrainiert eingestuft werden und sind möglicherweise nicht repräsentativ für leistungssportorientierte Radfahrer und Triathleten. Auch Böhm et al. (2008) konnten mit vergleichbaren Parametern keine signifikanten Veränderungen der maximalen Leistungsabgabe ($333,3 \pm 32,8 \text{ Watt}$ vs. $323,3 \pm 21,8 \text{ W}$) und Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ($229,6 \pm 30,1 \text{ Watt}$ vs. $222,7 \pm 25,2 \text{ Watt}$) für Smart Crank-Trainierende und einer Kontrollgruppe nachweisen. Anhand ihrer qualitativen Analysen zeigten sie, dass die SC-Gruppe eine deutlich geringere Leistungsabgabe während der Druckphase im Tretzyklus aufwies. Im Umkehrschluss wurde während der Zugphase eine erhöhte Leistung nachgewiesen. Da beide Gruppen nach der Trainingsintervention gleiche Leistungsabgaben im Stufentest nachwiesen, folgte diese Autorengruppe, dass ein Training der „Zugmuskulatur“ und beinhebende Muskulatur mittels SC-Kurbeln keinen positiven Effekt auf die Gesamtleistungsabgabe ausübe.

Anhand der vorliegenden Befunde an gut bis sehr gut trainierten Ausdauersportlern sowie bereits veröffentlichten Studien, kann geschlossen werden, dass ein 5 wöchiges Training mit 4 TE/Woche mit ungekoppelten Kurbelsystemen zu keiner Verbesserung der maximalen Leistungsabgabe sowie Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktat sowie zu einer Reduktion der submaximalen Sauerstoffaufnahme führt.

Literatur

- Böhm, H., Siebert, S. & Walsh, M. (2008). Effects of short-term training using Smart-Cranks on cycle work distribution and power output during cycling. *European journal of applied physiology*, 103 (2), 225-232.
- Cavanagh, P. & Sanderson, D. (1986). The biomechanics of cycling: Studies of the pedaling mechanics of elite pursuit riders. In E. Burke (Ed.), *Science of Cycling*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gaesser, G.A. & Brooks, G.A. (1975). Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. *Journal of applied physiology*, 38 (6), 1132-9.
- Luttrell, M.D. & Potteiger, J.A. (2003). Effects of short-term training using power-cranks on cardiovascular fitness and cycling efficiency. *Journal of strength and conditioning research*, 17 (4), 785-91.
- Marsh, A.P. & Martin, P.E. (1995). The relationship between cadence and lower-extremity EMG in cyclists and noncyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 27 (2), 217-225.
- McCartney, N., Heigenhauser G.J. & Jones, N.L. (1983). A constant velocity ergometer for the study of dynamic muscle function. *Journal of applied physiology*, 55 (1), 212-217.
- Sanderson DJ & Cavanagh PR (1990). Use of augmented feedback for the modification of the pedaling mechanics of cyclists. *Canadian journal of sport science*, 15, 38-42
- Sargeant, A.J. & Davies, C.T. (1977). Forces applied to cranks of a bicycle ergometer during one and two leg cycling. *Journal of applied physiology*, 42 (4), 514-518.
- Stapelheldt, B., Mornieux, G., Oberheim, R., Belli, A. & Gollhofer, A. (2007). Development and evaluation of a new bicycle instrument for measurements of pedal forces and power output in cycling. *International journal of sports medicine*, 28 (4), 326-32.

