

Thomas Mühlbauer¹, Falk Naundorf², Christian Schindler³, Stefan Panzer⁴

¹ Institut für Sport und Sportwissenschaften, Universität Basel

² Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig

³ Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Basel

⁴ Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Universität Leipzig

Assoziation zwischen Geschwindigkeitsverteilung und Wettkampferfolg auf Langdistanzen im Eisschnellauf

Zusammenfassung

Beim Eisschnellauf wird empfohlen, auf Langstrecken eine gleichmässige Geschwindigkeit zu realisieren. In dieser Studie wurde geprüft, ob Eisschnellläufer im Wettkampf diese Anweisung befolgen und wie sich erfolgreiche im Gegensatz zu weniger erfolgreichen Sportlern verhalten. Von 46 weiblichen und 58 männlichen Eisschnellläufern wurden während eines offiziellen Wettkampfes die Zwischen- und Endzeiten für 3000 m bzw. 5000 m analysiert. Die Prüfung von Relationen zwischen der intraindividuellen Variation in der Laufgeschwindigkeit und der erzielten Wettkampfplatzierung erfolgte mit Hilfe der Rangkorrelation nach Spearman. Nach der ersten bis zur letzten Runde nahm sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern und unabhängig vom Leistungsniveau der Athleten die Geschwindigkeit ab. Die Korrelationsrechnung ergab für die weiblichen ($r = 0.384$, $p = 0.009$) wie für die männlichen ($r = 0.288$, $p = 0.030$) Läufer einen schwachen aber signifikanten Zusammenhang zwischen abnehmender Variation der Geschwindigkeit und besserer Platzierung. Im Wettkampf über die Langdistanz sind erfolgreiche im Gegensatz zu weniger erfolgreichen Eisschnellläufer/innen scheinbar eher in der Lage, eine gleichmässige Geschwindigkeit zu realisieren.

Abstract

Handbooks of speed skating suggest a constant velocity in distance events. We tested whether speed skaters use this strategy during competition or not and how successful to less successful athletes compare in this regard. Split times and final times of 46 female and 58 male ice speed skaters were analysed in 3000 m and 5000 m events. Spearman's rank correlation was used to determine the relationship between the intraindividual variation of velocity and the achieved ranking. After the first until the last lap, velocity decreased: male as well as in female athletes, regardless of the performance level of the athletes. Correlation analysis showed a weak but statistically significant relation between a reduction of the variation of velocity and a better ranking for female ($r = 0.384$, $p = 0.009$) and male ($r = 0.288$, $p = 0.030$) skaters. It seems that successful speed skaters, compared to less successful ones, are better in keeping their velocity as constant as possible.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 56 (4), 168–171, 2008

Einleitung

Im Eisschnellauf werden Wettkämpfe über Kurz- (500 m, 1000 m) von solchen über Langdistanzen (3000 m, 5000 m, 10000 m) unterschieden. Aus physiologischer Sicht ergeben sich daher unterschiedlich starke Beteiligungen anaerober sowie aerober Stoffwechselforgänge. Während über 1000 m ein Verhältnis von anaerober zu aerober Beteiligung von 67 zu 33% kalkuliert wird, kehrt sich dieses über 5000 m mit 32 zu 68% nahezu um (van Ingen Schenau et al., 1990). Um eine möglichst optimale Laufleistung zu erzielen, werden getrennt nach Kurz- und Langdistanz unterschiedliche Empfehlungen für die Verteilung der Laufgeschwindigkeit gegeben. Während für kurze Strecken ein schneller Start verbunden mit der Realisierung maximaler Geschwindigkeiten propagiert wird (de Koning et al., 1992; de Koning und van Ingen Schenau, 2000; van Ingen Schenau et al., 1990, 1994), soll über lange Strecken möglichst gleichmässig gelaufen werden (Holum, 1984; Publow, 1999; van Ingen Schenau et al., 1994). Bislang ist jedoch nur wenig darüber bekannt,

ob Eisschnellläufer die Laufgeschwindigkeit bei Rennen über die Langdistanz gleichmässig gestalten und wie sich erfolgreiche im Gegensatz zu weniger erfolgreichen Sportlern verhalten.

Die Literatur zeigt, dass bisher lediglich eine Studie existiert, die sich mit Variationen in der Verteilung der Laufgeschwindigkeit über die Langdistanz im Eisschnellauf beschäftigt hat. Hierin erfolgte der Vergleich von Eisschnellläufern mit unterschiedlichem Leistungsniveau bei den Bayerischen Meisterschaften 1972 in Inzell (Kuhlow, 1976). Hinsichtlich der Geschwindigkeitsvariationen zeigten die guten im Vergleich zu den schlechten Läufern geringere Werte. Einschränkend muss zu dieser Studie jedoch angemerkt werden, dass das Niveau der untersuchten Athleten der nationalen aber nicht der internationalen Spitzenklasse entsprach. Des Weiteren besitzt die Freiluftanlage in Inzell den Nachteil, dass wechselnde Wettereinflüsse, wie unterschiedliche Windverhältnisse, die berichteten Befunde konfundiert haben könnten.

Vor dem Hintergrund der aufgeführten Limitationen wurde in der vorliegenden Studie die Variation der Geschwindigkeiten

von internationalen Spitzenathleten/innen während eines offiziellen Eisschnellaufwettkampfes über die Langdistanz untersucht. Wenn die Empfehlung, in Wettkämpfen über die Langdistanz möglichst gleichmässig zu laufen, zutrifft, dann sollte diese Strategie von den erfolgreichen im Vergleich zu den weniger erfolgreichen Eisschnellläufern besser umgesetzt werden.

Methoden

Athleten

In der vorliegenden Studie wurden die Laufzeiten von 46 Frauen und 58 Männern der internationalen Spitzenklasse analysiert, welche vom 17. bis 19. November 2006 an einer Weltcupveranstaltung in Berlin teilnahmen. Der Wettkampf fand in einer Eissporthalle (400 m-Oval) statt, sodass eine Beeinflussung der erzielten Laufzeiten durch wechselnde Wettereinflüsse, wie unterschiedliche Windverhältnisse, ausgeschlossen werden kann.

Protokoll und Datenanalyse

Aus den offiziellen Wettkampfprotokollen wurden die erzielten Zwischen- und Endzeiten über 3000 m (Frauen) und 5000 m (Männer) entnommen. Ingesamt liess sich die 3000-m-Strecke in 8 (Abschnitt: 0 bis 200 m sowie 7 Runden à 400 m) und die 5000 m-Strecke in 13 Streckenabschnitte (Abschnitt: 0 bis 200 m sowie 12 Runden à 400 m) unterteilen. Um die Rennverläufe der Athleten miteinander vergleichen zu können, erfolgte eine Normierung der Daten. Hierzu wurde für jeden Eisschnellläufer die mittlere Laufgeschwindigkeit für den anfänglichen 200-m-Streckenabschnitt sowie für die nachfolgenden 400-m-Runden berechnet und zum individuell erzielten mittleren Geschwindigkeitswert für die Gesamtstrecke in Beziehung gesetzt (Garland, 2005). Zur Bestimmung von Variationen in der Laufgeschwindigkeit wurde an jeden der individuellen Geschwindigkeitsverläufe ein quadratisches Polynom angepasst. Im Anschluss daran wurden die Residuen der erzielten Teilgeschwindigkeiten sowie deren Standardabweichung in Bezug auf dieses Polynom berechnet, wobei der vom Start beeinflusste Abschnitt 0 bis 200 m keine Berücksichtigung fand. Die Standardabweichung der Residuen diente schlussendlich als Streuungsmass, welches mit der erzielten Wettkampfplatzierung korreliert wurde (Rangkorrelation nach Spearman; Signifikanzniveau: $\alpha = 5\%$). Im Rahmen der Datenanalyse wurden Boxplots erstellt, die die Resultate von einer Eisschnellläuferin und einem Eisschnellläufer als Ausreisser identifizieren, welche aus Gründen der Stichprobenhomogenisierung von allen Analysen ausgeschlossen wurden. Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Programmpaket SAS (Version 9.1).

Resultate

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern (Abb. 1) zeigt sich unabhängig vom Leistungsniveau der Athleten ein initialer Anstieg in der mittleren relativen Laufgeschwindigkeit vom Abschnitt 0 bis 200 m zur ersten Runde, gefolgt von einem stetigen Geschwindigkeitsabfall in den nachfolgenden Runden. Es fällt auf, dass die schlechter platzierten Eisschnellläufer schneller starten wie die gutplatzierten, das hohe Tempo aber weniger lang aufrechterhalten können.

Die Relationen zwischen der Standardabweichung der Residuen und der erzielten Wettkampfplatzierung sind in Abb. 2A für die Frauen über 3000 m und in Abb. 2B für die Männer über 5000 m dargestellt. Es ergibt sich eine schwache, positive Korrelation, die sich sowohl für die Frauen ($r = 0.384, p = 0.009$) als auch für die Männer ($r = 0.288, p = 0.030$) statistisch signifikant absichern lässt. Hieraus wird deutlich, dass eine geringere Variation in der Geschwindigkeit im Durchschnitt mit einer besseren Wettkampfplatzierung einhergeht.

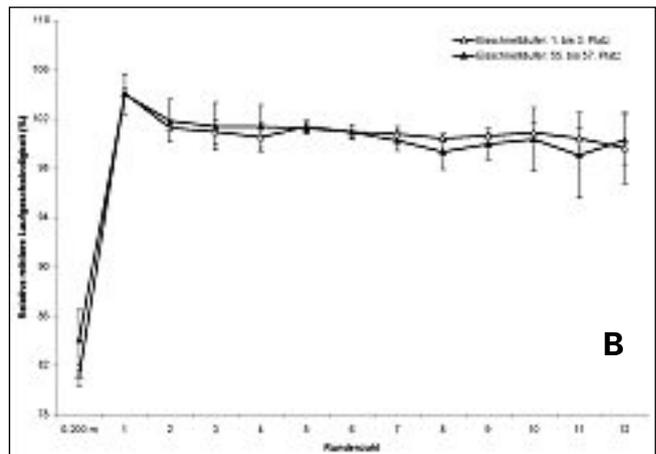
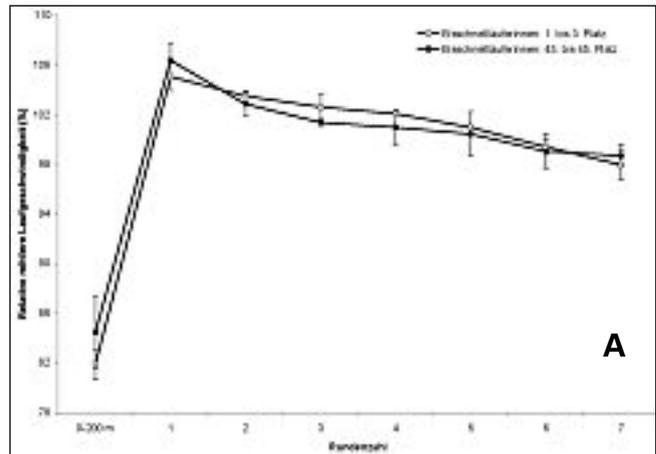


Abbildung 1: Geschwindigkeitsprofile (Mittelwert \pm Standardabweichung) der erfolgreichen und der weniger erfolgreichen Eisschnellläufer für die 3000-m-Distanz der Frauen (A) und für die 5000-m-Distanz der Männer (B).

Diskussion

Für den Rennverlauf konnte sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern und unabhängig vom Leistungsniveau der Athleten ein Geschwindigkeitsanstieg in der Startphase, gefolgt von einer stetig abfallenden Laufgeschwindigkeit in den nachfolgenden Rennabschnitten beobachtet werden. Dieses Muster ist typisch für die Absolvierung von Langdistanzen im Eisschnellauf (Foster und de Koning, 1999; Kuhlow, 1976), wird aber auch für andere Sportarten, wie Radsport (Foster et al., 2004), Schwimmen (Smith et al., 2002) und Laufen (Sandals et al., 2006) berichtet. Als Ursache werden eintretende Ermüdungsprozesse diskutiert. So konnten Kindermann und Keul (1980) zeigen, dass Eisschnellläufer/innen nach Absolvierung von 5000 m bzw. 3000 m ca. 15 bzw. 11 mmol/l Laktat im arteriellen Kapillarblut erreichen.

Die Analyse der intraindividuellen Variation der Geschwindigkeit offenbarte für die Frauen wie für die Männer geringere Werte bei den erfolgreichen gegenüber den weniger erfolgreichen Eisschnellläufern (Abb. 2). Die Platzierung war im Durchschnitt umso besser, je geringer die Geschwindigkeitsvariationen ausfielen. Dieses Ergebnis entspricht den Befunden von Kuhlow (1976), der ebenfalls geringere Variationen in der Geschwindigkeit bei guten im Vergleich zu schlechten Eisschnellläufern feststellen konnte. Des Weiteren konnte auch für andere Sportarten, wie Radsport (Wilberg und Pratt, 1988), Schwimmen (Stewart und Hopkins, 2000) und Langstreckenlauf (Hopkins und Hewson, 2001) gezeigt werden, dass schnellere im Gegensatz zu langsameren Athleten eine geringere Variation der Laufgeschwindigkeit aufwiesen. Ein

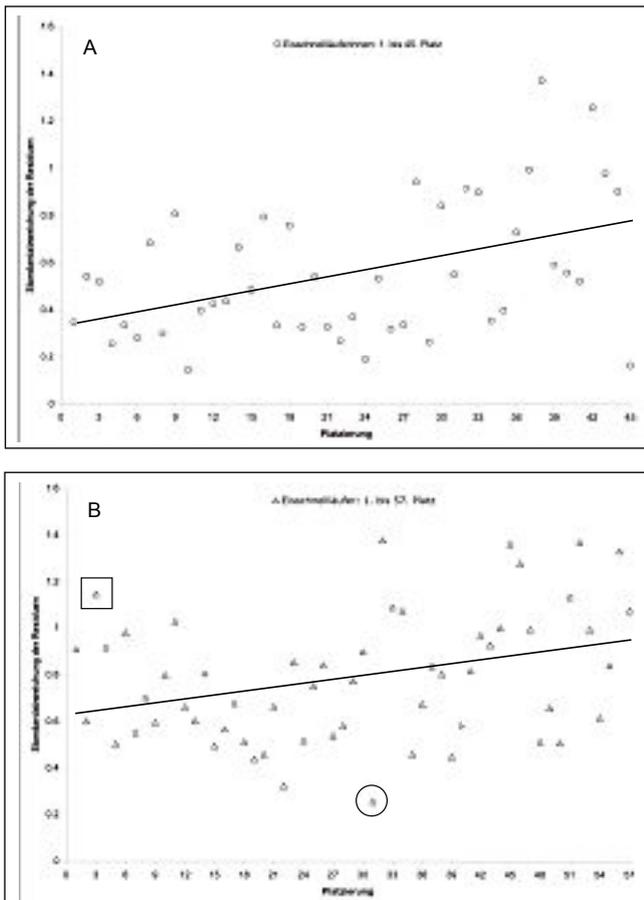


Abbildung 2: Relationen zwischen der Standardabweichung der Residuen und der erzielten Wettkampfplatzierung von $N = 45$ Eisschnellläuferinnen (A) über die 3000-m-Distanz und von $N = 57$ Eisschnellläufern (B) über die 5000-m-Distanz. Anmerkung: Der mit einem Viereck gekennzeichnete Eisschnellläufer erzielte den 3. Platz bei einem relativ hohen Streuungswert von 1.15. Der mit einem Kreis gekennzeichnete Läufer erzielte den 31. Platz bei einem relativ niedrigen Streuungswert von 0.26.

Grund hierfür könnten individuelle Unterschiede bezüglich des Ausmasses, der Kapazität sowie der Geschwindigkeit der anaeroben wie auch aeroben Energiebereitstellung bilden. Van Ingen Schenau et al. (1983) konnten zeigen, dass Spitzeneisschnellläufer gegenüber trainierten Eisschnellläufern sowohl über eine signifikant höhere Sauerstoffausschöpfung als auch über eine grössere Leistungsabgabe verfügen. Als weitere mögliche Ursache lassen sich Aspekte der Bewegungsökonomie anführen (vgl. hierzu: Frederick, 1992; Sparrow und Newell, 1998). So wird erst durch den zweckmässigen Einsatz der Lauftechnik eine optimale Energieausschöpfung im Eisschnelllauf ermöglicht. Dass jedoch Unterschiede in der Lauftechnik zwischen Eisschnellläufern der Spitzenklasse im Vergleich zu trainierten Läufern existieren, konnten ebenfalls van Ingen Schenau et al. (1983) zeigen. Ihre Analyse der Skating-Technik über 3000 m offenbarte für die Spitzenathleten eine höhere Schrittfrequenz sowie geringere Gelenkwinkel und damit eine bessere Skatingposition. Da im Eisschnelllauf mit dem Start, dem Lauf auf der Geraden sowie dem Kurvendurchlauf nicht nur drei unterschiedliche Bewegungstechniken zu realisieren sind, sondern zusätzlich ein stetiger Wechsel zwischen den beiden zuletzt aufgeführten Techniken gewährleistet werden muss, scheint es möglich, dass sich Differenzen in der Lauftechnik besonders gravierend auf eine optimale Energieausschöpfung auswirken.

Dass eine geringe Variation in der Geschwindigkeit nicht automatisch mit vorderen Platzierungen sowie umgekehrt der Wettkampferfolg nicht zwangsläufig mit niedrigen Geschwindigkeits-

variationen verbunden ist, zeigt u.a. die Betrachtung der beiden in *Abbildung 2B* markierten Läufer. Trotz des insgesamt geringsten Streuungswertes von 0.26 erreicht der mit einem Kreis markierte Athlet nur Platz 31. Der mit einem Viereck gekennzeichnete Sportler hingegen erzielt den 3. Platz, obwohl sein Streuungswert mit 1.15 relativ hoch ausfällt. Hieraus wird deutlich, dass die bloße Anwendung der Renngestaltung von erfolgreichen Sportlern durch weniger erfolgreiche Sportler für eine vordere Platzierung nicht ausreicht. Nicht übersehen werden darf, dass der Zusammenhang zwischen Platzierung und Geschwindigkeitsvariation bei den Frauen wie bei den Männern schwach ausfiel (Bortz und Döring, 2000).

Zu erklären bleibt, warum erfolgreiche Eisschnellläufer eher in der Lage sind, konstant zu laufen. Traditionell werden hierfür Aspekte wie grössere Wettkampferfahrung und/oder längeres Trainingsalter verantwortlich gemacht (Hopkins und Hewson, 2001; Stewart und Hopkins, 2000). Dem lässt sich jedoch entgegen, dass sowohl erfolgreiche wie auch weniger erfolgreiche Sportler/innen oftmals über langjährige Trainings- sowie umfangreiche Wettkampferfahrungen verfügen. Als zusätzliche Erklärung bietet sich daher die Feststellung von Foster et al. (2004) sowie von Wilberg und Pratt (1988) an, dass weniger erfolgreiche Athleten/innen ihr Leistungsvermögen in der Wettkampfsituation überschätzen. Dieser Umstand wird dadurch deutlich, dass sie zu Rennbeginn insgesamt am schnellsten sind, jedoch gegen Ende des Rennens deutliche Geschwindigkeitseinbussen aufweisen. Auch in den vorliegenden Daten lassen sich Indizien für eine inadäquate Einschätzung des individuellen Leistungsvermögens finden, indem die weniger erfolgreichen Eisschnellläufer vor allem zu Beginn der 5000 m im Mittel höhere relative Geschwindigkeiten aufwiesen als die erfolgreichen Läufer (vgl. *Abb. 1B*; Runden 1 bis 4). Jedoch waren sie nicht in der Lage, den erzielten Geschwindigkeitsvorteil im weiteren Rennverlauf aufrechtzuerhalten. Im Gegenteil, ab der Mitte des Rennens liess sich ein stärkerer Geschwindigkeitsabfall beobachten (vgl. *Abb. 1B*; Runde 7 bis 11), welcher der Vorgabe, eine gleichmässige Geschwindigkeitsverteilung im Sinne eines ökonomischen Laufes zu realisieren, entgegensteht.

Praktische Implikation

Die gefundene, schwache aber statistisch signifikante Korrelation liefert einen Hinweis dafür, dass zwischen der intraindividuellen Variation der Laufgeschwindigkeit und der erzielten Wettkampfplatzierung eine Beziehung bestehen könnte. Daher sollte die im Training von Eisschnellläufern bereits angewandte Schulung einer möglichst konstanten Verteilung der Laufgeschwindigkeit (z.B. durch die Gabe von Zwischenzeiten, zeitlichen Rundendifferenzen oder Schrittzahlen) beibehalten werden.

Korrespondenzadresse:

Dr. Thomas Mühlbauer, Universität Basel, Institut für Sport und Sportwissenschaften, Brüglingen 33, 4052 Basel, Fon: +41-(0)61-3778752, E-Mail: thomas.muehlbauer@unibas.ch

Literaturverzeichnis

- Bortz J., Döring N. (2002): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin.
- De Koning J.J., de Groot G., van Ingen Schenau G.J. (1992): A power equation for the sprint in speed skating. *J. Biomech.* 25: 573–580.
- De Koning J.J., van Ingen Schenau G.J. (2000): Performance-determining factors in speed skating. In: *Biomechanics in sport: Performance enhancement and injury prevention*. Olympic encyclopaedia of sports medicine, Zatsiorsky V.M. (Ed.), Volume IX, Wiley-Blackwell Science, Oxford, 2000, S. 232–246.
- Foster C., de Koning J.J. (1999): Physiological perspectives in speed skating. In: *Handbook of competitive speed skating*, H. Gemser, J.J. de Koning und G.J. van Ingen Schenau (Eds.), Eisma Publishers, Leuwarden, 1999, S. 117–137.

- Foster C., de Koning J.J., Hettinga F., Lampen J., Dodge C., Bobbert M., Porcari, J.P. (2004): Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. *Int. J. Sports Med.* 25: 198–204.
- Frederick E.C. (1992): Economy of movement and endurance performance. In: *Endurance in sport*, R.J. Shephard und P.O. Astrand (Eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992, S. 179–185.
- Garland S.W. (2005): An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br. J. Sports Med.* 39: 39–42.
- Holum D. (1984): *The complete handbook of speed skating*. Enslow Publishers, Hillside, NJ.
- Hopkins W.G., Hewson D.J. (2001): Variability of competitive performance of distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33: 1588–1592.
- Kindermann W., Keul J. (1980): Anaerobe Energiebereitstellung beim Eisschnelllaufen. *Dt. Zschr. Sportmed.* 31: 142–147.
- Kuhlow A. (1976): Running economy in long-distance speed skating. In: *Biomechanics*, Komi P.V. (Ed.), University Park Press, Baltimore, 1976, S. 291–298.
- Publow B. (1999): *Speed on skates*. Human Kinetics, Champaign, Ill.
- Sandals L.E., Wood D.M., Draper S.B., James D.V.B. (2006): Influence of pacing strategy on oxygen uptake during treadmill middle-distance running. *Int. J. Sports Med.* 27: 37–42.
- Smith D.J., Norris S.R., Hogg J.M. (2002): Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Med.* 32: 539–554.
- Sparrow W.A., Newell K.M. (1998): Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psych. Bull. Rev.* 5: 173–196.
- Stewart A.M., Hopkins W.G. (2000): Consistency of swimming performance within and between competitions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: 997–1001.
- Van Ingen Schenau G.J., de Groot G., Hollander A.P. (1983): Some technical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50: 343–354.
- Van Ingen Schenau G.J., de Koning J.J., de Groot G. (1990): A simulation of speed skating performances based on a power equation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 718–728.
- Van Ingen Schenau G.J., de Koning J.J., de Groot G. (1994): Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating. *Sports Med.* 17: 259–275.
- Wilberg R.B., Pratt J. (1988): A survey of the race profiles of cyclists in the pursuit and kilo track events. *Can. J. Sports Sci.* 13: 208–213.