
Entwicklung einer sportart- und behinderungsspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im alpinen Skirennlauf der Behinderten auf der Basis von auftretenden Belastungen und Beanspruchungen im Feld (AZ 070403/08)

Peter Spitzenfeil (Projektleiter), Maren Goll & Michael Wiedemann

TU München, Fakultät für Sport und Gesundheitswissenschaft

Problem

Im Bereich der Wettkampfklassen der behinderten stehenden und sehbehinderten Athletinnen und Athleten kann auf eine Vielzahl an Forschungsarbeiten aus der internationalen Literatur zum Skirennsport der Nichtbehinderten zurückgegriffen werden, mit deren Hilfe das Anforderungsprofil der Sportart Ski alpin definiert wurde.

Für den großen Bereich der paraplegischen Skirennläuferinnen bzw. -läufer fehlt ein Anforderungsprofil jedoch gänzlich.

Vor diesem Hintergrund bestand der Hauptinhalt der Forschungstätigkeit in der Identifikation der leistungsrelevanten Parameter, um ein Anforderungsprofil auch für die Gruppe der paraplegischen Sportlerinnen und Sportler erstellen zu können und damit die Basis für die Erstellung einer komplexen Leistungsdiagnostik zu schaffen.

In der vergangenen Forschungsperiode wurde der Schwerpunkt auf die auftretenden physiologischen bzw. metabolischen Vorgänge im alpinen Skirennlauf der Paraplegiker gelegt. Hierzu erfolgten Messungen im Labor sowie im Feld, um die real auftretenden Belastungen und Beanspruchungen zu erfassen und daraus die relevanten Bereiche für eine Leistungsdiagnostik zu erstellen.

Methoden

Die Datenerhebung erfolgte in der Gruppe der paraplegischen Athletinnen und Athleten der Nationalmannschaft Ski alpin im Ergometrie-Labor der TU München, Fakultät für Sportwissenschaft, bei standardisierten Fahrten in der Skihalle (Landgraaf, Niederlande) und einem Trainingslehrgang (Mt.Hutt, Neuseeland).

Zur Bestimmung der physiologischen Parameter wurde ein Laborstufentest (Handbike auf Großlaufband) mit standardisiertem Protokoll durchgeführt (Startgeschwindigkeit 10 und 16 km/h, 5 Minuten Stufen, 30 Sekunden Laktatabnahmepause, 1,5 % Steigung des Laufbands). Im Einzelnen wurden so die pulmonalen Parameter (Spirometrie ZAN 600 CPX, Austria) erhoben, ebenso wie die Herzfrequenz (Polar S625, Finnland), die Blutlaktatkonzentration (Biosen S Lab+, EKF Diagnostics, Deutschland) und die RPE-Werte (Rate of Perceived Exhaustion) 1-20 der jeweiligen Stufe (Borg 1982) zur Erfassung der subjektiven Beanspruchung. Der Stufentest wurde bis zur maximalen willentlichen Anstrengung durchgeführt.

Alle Testpersonen erreichten ein Plateau in der Sauerstoffaufnahme und einen RER (Respiratory Exchange Ratio = Verhältnis von CO₂-Abgabe und O₂-Aufnahme) > 1.10 in der letzten Stufe, was als Maximalleistung definiert wurde, da Laktat und maximale Herzfrequenz aufgrund der Oberkörperarbeit und möglicher Beeinflussung der Herzfrequenzregulation durch die Läsionshöhe nicht als Ausbelastungskriterien verwendet werden konnten. Die VO_{2max} wurde durch das höchste 30-Sekunden Mittelwertsintervall definiert.

Unter Labor-ähnlichen Bedingungen wurden in der Skihalle (Snowworld Landgraaf, NL) in einem ca. 30 Sekunden und 26 Tore langen Slalomlauf dieselben Parameter erhoben wie im Labor, realisiert durch den Einsatz einer mobilen Spirometrieinheit (Cosmed K4b, Cosmed, Italien) und einem mobilen Laktatmessgerät (LactateScout, EKF diagnostics, Deutschland). Die Breath-by-breath Daten der Spirometrie wurden auf Fehlerstellen überprüft und anschließend ein rollierender 5-Sekunden-Mittelwert gebildet.

Die Datenerhebung während eines Trainingslehrgangs (Mt.Hutt, Canterbury, NZ, max. Seehöhe 1982 üNN) erfolgte in gleicher Weise und wurde unter Rennlauf-ähnlichen Bedingungen für die Disziplinen Riesenslalom (Laufzeit ca. 40 Sekunden), Super-G (Laufzeit ca. 75 Sekunden) und einer freien Abfahrt, die einen überlangen und intensiven Riesenslalom simulierte (Dauer ca. 100 Sekunden), durchgeführt.

Ergebnisse

Die Stufentestmessung lieferte für die Athletengruppe (N = 5) folgende Werte (MW ± SD für alle aufgeführten Werte, es sei denn anders vermerkt): VO_{2max} = 33.7 ± 5.2 ml·kg⁻¹ min⁻¹ oder 2.3 ± 0.5 L·min⁻¹, HF_{max} = 195 ± 10 Schläge·min⁻¹, maximales Laktat [La⁻] = 11.8 ± 2.0 mmol·L⁻¹.

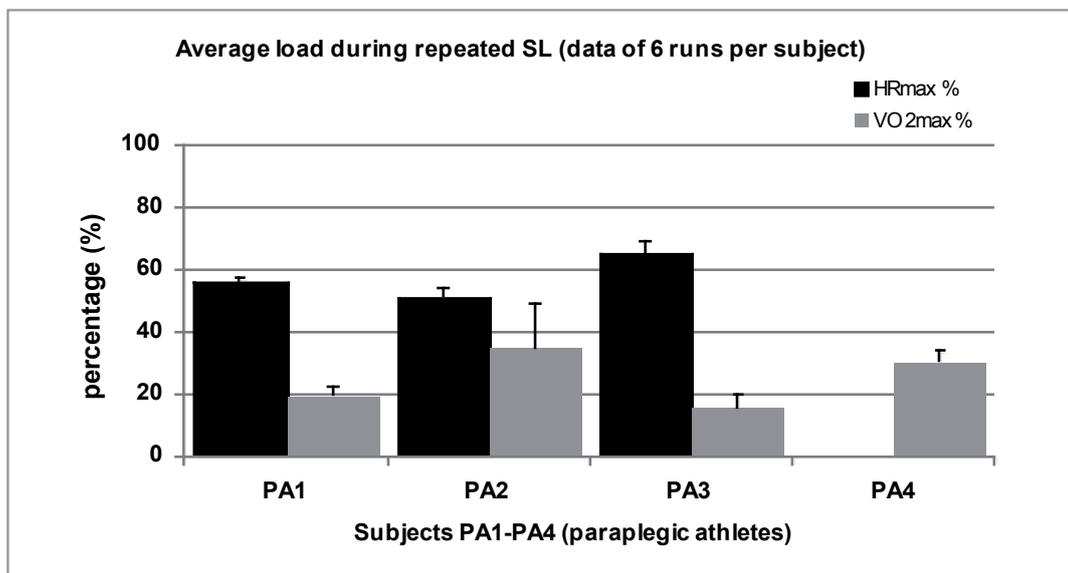


Abb. 1. Mittelwert (MW ± SD) von sechs Läufen pro Person (paraplegic athlete, PA) in Prozent der maximalen Herzfrequenz (HR_{max}, schwarze Balken) und maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}, graue Balken) während eines 26-Tore Slalomlaufs mit einer Laufzeit von ca. 30 Sekunden.

Abb. 1 zeigt die Messungen über sechs Fahrten unter standardisierten Skihallenbedingungen, ausgedrückt als Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme ($VO_{2\max}$) und der maximalen Herzfrequenz (HR_{\max}).

Die Laktatwerte blieben bei allen Testpersonen während allen Läufen nahezu an den Laktatgrundwerten bzw. dem jeweiligen Ruhelaktat.

Im Feldtest zeigten sich in der Disziplin Riesenslalom Werte von $71 \pm 8 \% HR_{\max}$ und $38 \pm 9 \% VO_{2\max}$, die Maximalwerte lagen mit $78 \pm 10 \% HR_{\max}$ und $58 \pm 11 \% VO_{2\max}$ nur geringfügig höher.

In der Disziplin Super-G lagen die Werte mit $77 \pm 9 \% HR_{\max}$ und $50 \pm 7 \% VO_{2\max}$ etwas höher als im Riesenslalom, hier wurden Maximalwerte von $83 \pm 8 \% HR_{\max}$ und $71 \pm 11 \% VO_{2\max}$ wurden erreicht.

Laktatwerte vor und nach der Belastung sowie die Angaben der RPE-Werte zeigt Tab. 1.

Tab. 1. *Laktatverlauf und RPE (Borg) Angaben von drei paraplegischen Athleten während Riesenslalom (GS) und Super-G (SG) Läufen im Feldtest*

Athlet	Disziplin	[LA] Start	[LA] Ziel	[LA] post 3	RPE (Borg)
PA1	GS	1.8	1.5	1.8	8
PA1	GS	1.6	1.5	1.7	6
PA1	SG	2.2	3.1	1.9	8
PA3	SG	1.5	2.2	2.4	15
PA3	SG	1.1	1.6	1.7	16
PA5	GS	0.8	2.7	2.3	9
PA5	GS	2.0	2.1	1.3	9

Eine exemplarische Übersicht über sechs Slalomläufe in der Skihalle, zwei Läufe Riesenslalom, einen Lauf Super-G und eine intensive freie Abfahrt gibt Abb. 2.

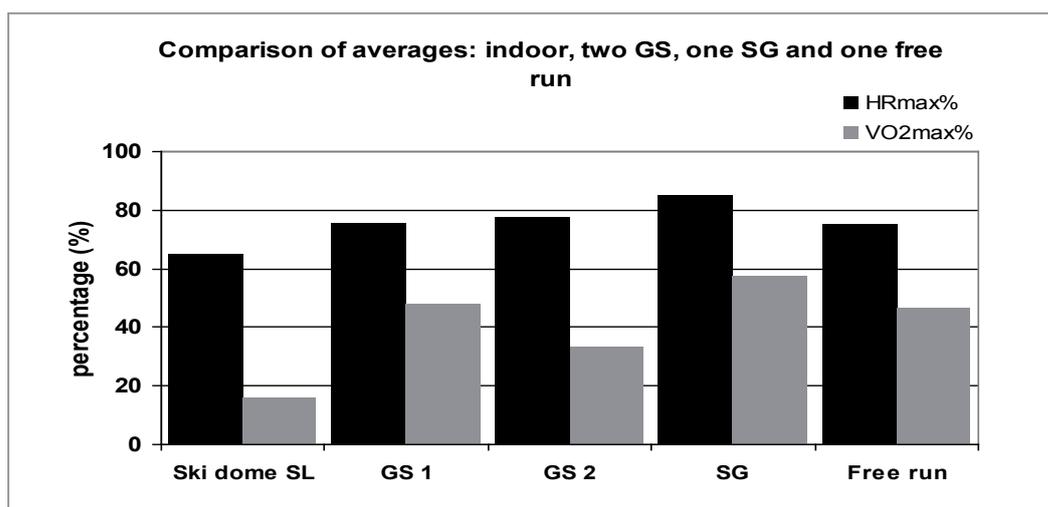


Abb. 2. Übersicht über alle gemessenen Läufe eines Athleten in Bezug auf Prozent seiner maximalen Herzfrequenz (HR_{\max} , schwarze Balken) sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme ($VO_{2\max}$, graue Balken).

Diskussion

Die Testwerte der Probandengruppe aus den Stufentests im Labor zeigen zwar eine große interindividuelle Streuung, die auf Alter und Läsionshöhe zurückzuführen ist, sie bewegen sich jedoch im Wesentlichen in Bereichen wie sie auch in neueren Veröffentlichungen (e.g. Bernardi, 2010) zu finden sind.

Ebenso zeigte das verwendete Protokoll in wiederholten und vorangegangenen Tests eine gute Reliabilität für die erhobenen Werte, so dass von einem ausreichenden Fitness-Level und damit von einer Grundfähigkeit, dem alpinen Skirennlauf gewachsen zu sein, ausgegangen werden kann.

Die im Feld erhobenen, klassischen Parameter zur Erfassung der physiologischen Belastung lagen erstaunlicherweise alle weit unter den in der aktuellen Literatur berichteten Werten für nichtbehinderte Skirennläuferinnen bzw. -läufer (Turnbull, 2009).

Daher scheint die Ausdauerleistungsfähigkeit für paraplegische Skirennläuferinnen bzw. -läufer nicht der leistungsbestimmende Faktor im Wettkampf zu sein.

Im Hinblick auf Regenerationsfähigkeit, Klima-, Höhe- und Reisebelastungen stellt die Diagnostik der Ausdauer jedoch ein wichtiges Instrument zur Gewährleistung einer gewissen Grundfitness und Gesundheit der Athletinnen und Athleten dar.

Die sich anschließende Frage ist nun, wie die im alpinen Skirennlauf auftretenden äußeren Kräfte von bis zu 7000N (Spitzenpfeil, 2005) von den paraplegischen Athletinnen und Athleten bewältigt werden.

Ebenso ist die Rolle des Dämpfers, der im verwendeten Skimaterial der paraplegischen Skirennläuferinnen bzw. -läufer verbaut ist, auf seine Funktion hin zu untersuchen. Durch seine Funktionsweise scheint er die Arbeit der Beine bei Nichtbehinderten zu übernehmen, was die geringer ausfallende metabolische Belastung erklären kann.

So bleiben zwei Bereiche offen, Kraft und Koordination, in denen durch weitere Forschung geklärt werden muss, wie groß ihr Einfluss auf die Leistung ist und wie sie spezifisch diagnostiziert und trainiert werden können

Literatur

- Bernardi, M., Guerra, E., Di Giacinto, B., Di Cesare, A., Castellano, V. & Bhambhani, Y. (2010). Field Evaluation of Paralympic Athletes in Selected Sports: Implications for Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (6), 1200-1208.
- Goll, M., Wiedemann, M. S. F. & Spitzenpfeil, P. (2010). Physiological parameters of paraplegic skiing athletes in laboratory and field measurements. In E. Müller, S. Lindinger, T. Stöggli & J. Pfusterschmied (eds.), *Book of Abstracts*, 5th International Congress on Science and Skiing. 79
- Spitzenpfeil, P., Niessen, M., Rienacker, N. & Hartmann, U. (2005). Evaluation of a specific training device in alpine skiing. In E. Müller, D. W. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (eds.), *Science and Skiing III* (pp. 204-215). Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Turnbull, J. R., Kilding, A. E. & Keogh, J. W. (2009). Physiology of alpine skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19 (2), 146-55.