

Leistungsdiagnostik im Orientierungslauf unter Berücksichtigung kognitiver und physischer Aspekte

Benedikt A. Gasser¹, Hans H. Hoppeler¹

¹ SWISS HEALTH & PERFORMANCE LAB, Institute of Anatomy, University of Bern

Zusammenfassung

Das hier präsentierte leistungsdiagnostische Protokoll ermöglicht es einem Orientierungsläufer, sich in einem Kollektiv zu positionieren und erlaubt Analysen bezüglich der Kongruenz von technischen und physischen Fähigkeiten. Um das Protokoll zu prüfen, absolvierten 3 Freizeit-OL-Läuferinnen und 11 Freizeit-OL-Läufer zwei kurze OL-Bahnen mit vier Posten (0.8 km Distanz/5 Höhenmeter) und acht Posten (1.75 km Distanz/40 Höhenmeter). Die durchschnittliche Laufzeit betrug für die kurze Bahn 6 min und 40 sec (± 2 min 18 sec) respektive für die lange Bahn 17 min 36 Sekunden (5 min ± 1 sec) in OL-Form. Nach Ausflagen der Optimalroute (Crossform) sanken die durchschnittlichen Zeiten erwartungsgemäss auf 3 min 45 sec (± 48 sec) für die kurze Bahn und auf 9 min 21 sec (± 1 min 19 sec) für die lange Bahn. Dies entspricht durchschnittlich einer Mehrzeit beim Ablaufen in OL-Form von 77% bei der kurzen Bahn respektive 88% bei der langen Bahn, wobei die Differenzen der Laufzeiten der unterschiedlichen Laufformen sowohl für den kurzen als auch den langen Lauf hochsignifikant waren ($p < 0.01$). Die durchschnittliche Herzfrequenz (Schläge pro Minute) bei der langen Bahn in OL-Form betrug 170 ± 9 versus 179 ± 7 in Crossform, wobei dieser Unterschied hochsignifikant war ($p < 0.00$). Bei der kurzen Bahn betrug diese 167 ± 9 in OL-Form versus 178 ± 8 in Crossform, jedoch lag keine Signifikanz vor ($p = 0.24$). Bei beiden Bahnen lag somit die Herzfrequenz fast 10 Schläge tiefer in OL-Form als in Crossform. Aufgrund dieser Analysen ist es nun möglich für den Athleten, sich je nach Mehrzeit in der OL-Form als guten Kartenleser respektive guten Läufer zu positionieren, wobei Athleten mit grosser Überzeit in der OL-Form vor allem das technische Element gezielt schulen sollten.

Schlüsselwörter: Orientierungslaufen, technische Fähigkeiten, Ausdauerleistungsfähigkeit

Summary

The diagnostic protocol presented here allows orienteers to compare themselves to others in the sample and to analyse the proportion of physical and technical skills in their overall performance. In order to test the protocol 3 female and 11 male leisure athletes completed two short orienteering courses, one with four control points (distance 0.80 km, altitude 5 m) and one with eight (distance 1.95 km, altitude 40 m). The average running time was 6 min and 40 sec (± 2 min 18 sec) on the short and 17 min 36 sec (5 min ± 1 sec) on the long course when orienteering. After courses were marked with the optimum route running times decreased, as expected, to 3 min 45 sec (± 48 sec) on the short and 9 min 21 sec (± 1 min 19 sec) on the long course. Analysis showed that the athletes were 77% slower on the short and 88% slower on the long course respectively when orienteering compared to when following marked route. Differences between orienteering and following the set route were highly significant ($p < 0.01$). Heart rate was 170 ± 9 beats per minute (bpm) on the long course when orienteering versus 179 ± 7 bpm when following the set route and this difference was highly significant ($p < 0.01$). On the short course heart rate was 167 ± 9 bpm when orienteering versus 178 ± 8 bpm when following the set route and this difference was not significant ($p = 0.24$). On both courses, heart rate was nearly 10 beats lower when orienteering. The protocol not only allows orienteers to position themselves in the test population amongst good runners or navigators, it can also help to modify the training emphasis.

Keywords: Orienteering, technical skills, endurance capacity

Einführung

Orientierungsläufe erfreut sich mittlerweile auch in der Schweiz einer zunehmenden Beliebtheit. [1, 2, 3] Analysiert man die physiologischen Anforderungen der Sportart dezidiert so wird ersichtlich, dass neben den unzweifelhaft wichtigen läuferischen Fähigkeiten auch die kognitive Komponente zu berücksichtigen ist, respektive auf die Wichtigkeit der Fähigkeit des Kartenlesens verwiesen werden muss. Es ist festzuhalten, dass die Leistung respektive die Laufzeit wesentlich durch die kartentechnischen Fähigkeiten determiniert wird. [1] Die Bedeutung der kognitiven Komponente in dieser Sportart kann nicht genügend betont werden, wobei erstaunlicherweise diese sich kognitiv abspielenden Prozesse von Läufern selbst häufig unterschätzt werden. [1, 4] Auch zeigt sich, dass man mit geschicktem Kopfeinsatz physische Defizite kompensieren kann. So lassen beispielsweise Analysen aus Grossbritannien vermuten, dass mit zunehmendem Alter bis etwa 40 Jahre die physiologisch abnehmenden Möglichkeiten der Ausdauerfähigkeiten durch eine potentiell grössere Erfahrung und deshalb bessere Technik die durch das Alter bedingten Defizite (beispielsweise durch die Abnahme der VO_2max) kompensiert werden können. [5] Die Wichtigkeit, das Verhalten anzupassen und zu modifizieren respektive ein technisch-taktisches Repertoire abzurufen, scheint beim Orientierungslauf besonders wichtig zu sein. [6, 7, 8] So konnten beispielsweise Fortschritte in den kartentechnischen Fähigkeiten auf eine bessere räumliche Verarbeitung von Objekten zurückgeführt werden, wobei eine Verbesserung der räumlichen Verarbeitung von Stimuli durch ein spezifisches OL-Training erreicht werden konnte. [9] Weiter konnten für die kartenspezifische kognitive Verarbeitung grundsätzliche Unterschiede zwischen Elite- und Hobbyläufern nachgewiesen werden, was die Bedeutung dieses Elements zusätzlich untermauert. [10] Zudem scheint dem taktischen Element hohe Relevanz zuzukommen, haben doch intraindividuelle Analysen gezeigt, dass es für einen Orientierungsläufer je nach konditioneller Ausstattung (spezifische Berglauf- respektive Querlauffähigkeiten) bessere und weniger gut passende Routenwahlen zu geben scheint. [11] Dies ist dahingehend relevant, als dass die optimale Route des schnellsten Vorwärtkommens nicht immer die direkteste ist und die Wahl einer Route unmittelbar von den physischen Möglichkeiten eines Läufers abhängt. [12] Analysen zeigen zudem, dass insbesondere Spitzenläufer sich im Gelände durchschnittlich schneller fortbewegen als auf der Strasse im Vergleich zu Hobbyläufern. [12] Eine Schwäche, die jedoch oft bei Orientierungsläufern besteht, ist die fehlende Kongruenz von kartentechnischen Fähigkeiten und der Ausdauerleistungsfähigkeit respektive physischen Komponente. Zielsetzung dieser Arbeit ist es, ein einfach applizierbares Protokoll zur Leistungsdiagnostik im Nachwuchsbereich zu entwickeln, welches es ermöglicht, vernünftige Trainingsempfehlungen für den Nachwuchs- und Freizeitbereich auf einfache Art zu machen, wobei der Schwerpunkt auf die spezifische Verbindung der kartentechnischen Fähigkeiten mit den Ausdauerfähigkeiten gelegt werden soll. Dazu sollen die Probanden sowohl in einem ersten Schritt klassisch orientierungslaufspezifische Bahnen absolvieren, gefolgt von einem Ablaufen der gleichen Strecke bei ausgeflaggter Optimalroute (Crossform) und somit unter Abstraktion des technischen Elements. Als Hypothese der Arbeit, welche im Sinne einer möglichen Falsifizierung ausformuliert wird, dient die Prämisse, dass die Leistung in Form der Laufzeiten jedoch auch

die anderen physiologischen Parameter (durchschnittliche Herzfrequenz & Borgskala) zwischen den beiden Laufarten nicht abweichen. [13]

Methoden

Probanden

Bei den Probanden handelte es sich um 3 Läuferinnen (12.5 ± 1.3 Jahre, 45 ± 5.1 kg, 159 ± 13 cm) und 11 Läufer (24.8 ± 14.5 Jahre, 55.6 ± 12.0 kg, 154 ± 15 cm) des Breitensportbereiches, welche regelmässig an Orientierungsläufen teilnehmen.

Vorgehen

Alle Läufer mussten zwei OL-Bahnen in einem Mittellandwald (Dreizwingenwald, SOLV Nr. 1033) ablaufen. Die kurze Strecke wies 4 Kontrollposten auf einer Länge von 0.8 km und 5 Höhenmeter auf und die lange Strecke eine Distanz von 1.75 km und 40 Höhenmeter mit 4 Kontrollposten. Einen Zieleinlauf im klassischen Sinne gab es nicht. Alle Probanden liefen die Strecke zuerst klassisch mit Karte und Kompass ab und anschliessend ein zweites Mal bei ausgeflaggter Strecke (Cross-Form) auf der Optimalroute. Zwischen dem Ablaufen wurden die Probanden angewiesen, mindestens zehn Minuten auszuruhen. Für beide Serien wurden jeweils die Zeit, die subjektive Belastungsempfindung quantifiziert mit Hilfe der Borg-Skala (6–20) sowie die maximale und durchschnittliche Herzfrequenz festgehalten. [14, 15]

Statistische Analysen

Sowohl für den kurzen als auch für den langen Lauf werden die deskriptiven Statistiken der Laufzeiten in OL-Form und Cross-Form, die durchschnittlichen Herzfrequenzen und die Borg-Skalen präsentiert (Abb. 1a, 1b, 1c). Weiter wurde für die lange Bahn die Laufzeit in OL-Form in Beziehung gesetzt zur Laufzeit in Crossform und das Bestimmtheitsmass berechnet (dazu Abb. 2). Weiter wurden für alle drei Parameter Laufzeiten, Herzfrequenz, BORG-Skala die Unterschiede mittels zweiseitigem, heteroskedastischem T-test analysiert. Alle erhobenen Daten wurden bezüglich des Vorliegens einer Normalverteilung geprüft, wobei die Hypothese des Vorliegens auf dem $\alpha = 0.1$ Niveau für alle analysierten Datengruppen nicht verworfen werden konnte. [16]

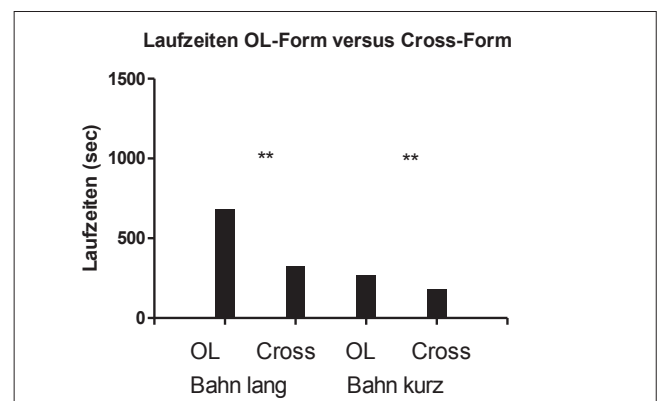


Abbildung 1a: Unterschiede in den Mittelwerten der Laufzeiten Bahn lang/** = Signifikanz auf dem 0.01 Niveau

Resultate

Deskriptive Statistiken

Abbildung 1a verdeutlicht die Verhältnisse bezüglich den Laufzeiten in OL-Form respektive Cross-Form. Die durchschnittliche Laufzeit betrug für die lange Bahn 17 min 36 sec (± 5 min 1 sec) in OL-Form und für die kurze Bahn 6 min und 40 sec (± 2 min 18 sec). In Crossform sanken die durchschnittlichen Zeiten erwartungsgemäss auf 9 min 21 (± 1 min 19 sec) sec für die lange Bahn, wobei der Unterschied hochsignifikant war ($p < 0.01$) und 3 min 45 sec (± 48 sec) für die kurze Bahn, wobei auch dieser Unterschied hochsignifikant war ($p < 0.01$). Dies entspricht einer Mehrzeit beim Ablaufen in OL-Form von 88% bei der langen Bahn respektive 77% bei der kurzen Bahn.

Abbildung 1b verdeutlicht die Verhältnisse für die Herzfrequenz. Die durchschnittliche Herzfrequenz (Schläge pro Minute) bei der langen Bahn in OL-Form betrug 170 ± 9 versus 179 ± 7 in Crossform, wobei die Unterschiede hoch-

signifikant ($p < 0.00$) waren zwischen diesen beiden Laufformen. Bei der kurzen Bahn betrug diese 167 ± 9 in OL-Form versus 178 ± 8 in Cross-Form, wobei die Unterschiede nicht signifikant ($p = 0.24$) waren. Die Herzfrequenz lag somit absolut fast 10 Schläge tiefer in OL-Form als in Cross-Form, was sich auch in der BORG-Skala widerspiegelt (dazu Abbildung 1c), welche für die kurze Bahn $12.2 (\pm 1.9)$ in OL-Form versus $16 (\pm 3.6)$ in Cross-Form betrug ($p = 0.23$) und bei der langen Bahn $15.5 (\pm 1.5)$ in OL-Form versus $16.4 (\pm 3.0)$ in Cross-Form betrug ($p = 0.17$).

Ergebnisse statistische Analysen

Abbildung 2 zeigt den korrelativen Zusammenhang der Laufzeiten für den OL der langen Bahn (y-Achse) sowie in Cross-Form (x-Achse) an, wobei jeder Punkt einen Läufer darstellt. Das Bestimmtheitsmass weist den hohen Wert von 0.71 auf und verdeutlicht den engen Zusammenhang respektive gibt die hohe Varianzaufklärung wieder.

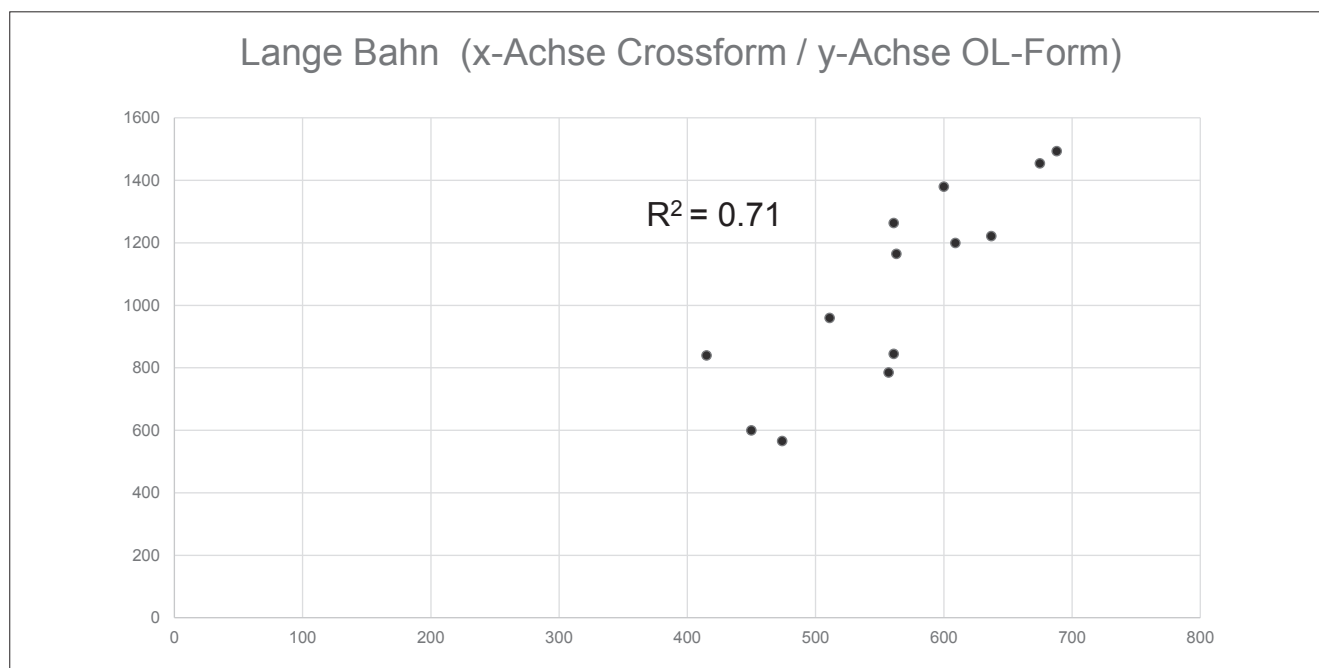


Abbildung 2: Laufzeit in Reinform Lange Bahn (x-Achse) versus OL-Form (y-Achse)/die schwarzen Punkte repräsentieren einen Läufer (n = 14)

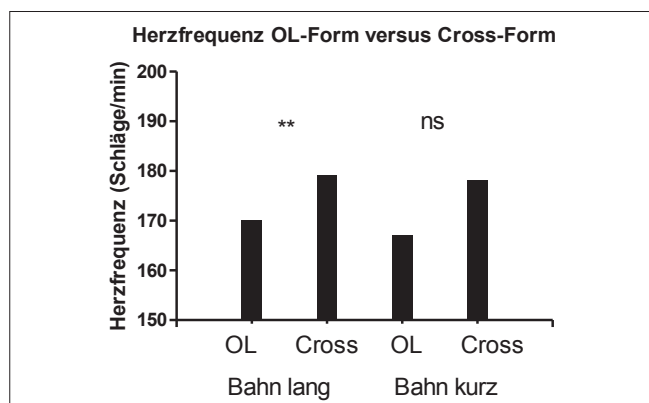


Abbildung 1b: Unterschiede in den Mittelwerten der durchschnittlichen Herzfrequenz/** = Signifikanz auf dem 0.01 Niveau/ns = nicht signifikant

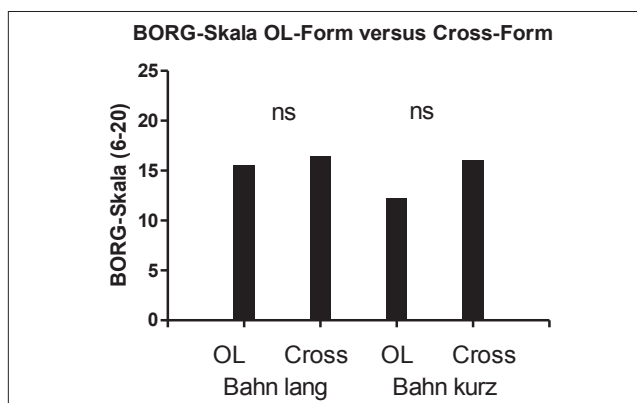


Abbildung 1c: Mittelwerte und Standardabweichung Borg-Skala/ns = nicht signifikant

Diskussion

Diese Studie hatte zur Zielsetzung, ein einfaches Protokoll für die Leistungsdiagnostik im OL-Sport zu präsentieren. Zu diesem Zwecke mussten die Probanden zwei kurze OL-Bahnen ablaufen, anschliessend erfolgte das Ablaufen in Crossform. Dabei konnte die eingangs aufgestellte Hypothese klar falsifiziert werden, und grosse intraindividuelle Differenzen wurden festgestellt. Dies macht es notwendig, auch die Untersuchungspopulation kurz zusätzlich zu charakterisieren. Es handelte sich um OL-Läuferinnen und OL-Läufer eines ordentlichen OL-Trainings eines OL-Vereins, wobei die Läuferinnen und Läufer unterschiedlich vertraut waren mit der Sportart, und es den Anschein hat, dass es mit zunehmender Erfahrung im OL-Sport zu einer klaren, relativen Abnahme der zeitlichen Differenz zwischen den beiden Laufformen kam, wobei dies durch systematische und grössere Untersuchungen quantifiziert respektive verifiziert werden müsste. Für Hinweise für den individuellen Läufer darf auf Abbildung 2 verwiesen werden, auf welcher sich dieser entsprechend im Kollektiv positionieren kann. Teilnehmer unterhalb der gestrichelten Linie sind nun innerhalb des Kollektivs als eher gute Kartenleser zu bezeichnen und solche oberhalb der Linie als eher gute Läufer. Allgemein gilt, dass eine grosse Abweichung der Laufzeit zwischen OL-Form und Crossform als moderat entwickelte kartentechnische Fähigkeiten zu taxieren sind, wobei solche Läufer vor allem die technischen Fähigkeiten vermehrt und gezielt schulen sollten, um eine optimale Umsetzung der physischen Fähigkeiten während den Orientierungsläufen zu ermöglichen. Physiologisch gesehen sind diese Unterschiede hauptsächlich auf die grössere Divergenz zwischen den Ausdauerfähigkeiten und somit letztlich dem kardiopulmonalen System einerseits und den kognitiv-kartentechnischen Fähigkeiten andererseits zurückzuführen. Aufgrund der Ergebnisse wird deutlich, dass das technische Element erwartungsgemäss eine entscheidende und grosse Rolle spielt. Dieser für routinierte OL-Läufer triviale Schluss ist jedoch bei Beachtung der physiologischen Verhältnisse nicht in so klarer Weise zu erwarten. Prinzipiell stellt das kardiopulmonale System das hauptsächliche und leistungsdeterminierende Element eines Läufers dar. [17, 18, 19, 20, 21] Dieses ist dafür verantwortlich, dass während einer physischen Leistung, beispielsweise im Rahmen der Absolvierung einer OL-Bahn, die Blutversorgung der Skelettmuskulatur der unteren Extremität sichergestellt ist. [17, 18] Der Umfang der Versorgung des Skelettmuskels mit Blut respektive Sauerstoff determiniert die oxidative Kapazität dieses Organes entscheidend und bildet somit die physiologische Grenze der Leistungsfähigkeit. [19, 20, 21] Im Gegensatz dazu sind die physiologischen Verhältnisse im Zentralnervensystem funktionell auf andere Art geordnet. So findet sich beispielsweise auf zellulärer Ebene keine vergleichbare Anordnung von Aktin und Myosinköpfchen, was dem Sauerstoff in diesem Organsystem eine andere Bedeutung zuweist und zu einem wohl weniger klar linearen Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Versorgung mit Sauerstoff führt. [21] Der prinzipiell lineare Zusammenhang zwischen Blutversorgung respektive Sauerstoffangebot und Leistungsfähigkeit scheint sodann nur für die beiden Organsysteme kardiopulmonales System respektive Skelettmuskulatur zuzutreffen, nicht aber für das Zentralnervensystem. [19, 20, 21] Dies öffnet das grosse Feld der Spekulationen bezüglich den leistungsdeterminierenden Grössen der kognitiven Verarbeitung. Diese Prozesse sind nicht abschliessend verstanden,

und ein methodisch adäquater Zugang ist ausser Reichweite. Zusammenfassend darf erwähnt werden, dass die Zielsetzung dieser Studie die Entwicklung eines einfach durchführbaren leistungsdiagnostischen Protokolls war, welches für OL-Vereine oder Nachwuchskader auf unkomplizierte Art und Weise durchführbar ist. Auch für den Elitebereich kann dieses Protokoll selbstverständlich eingesetzt werden, wobei es insbesondere interessant sein könnte, die Laktatwerte zusätzlich zu erheben. Es ist anzunehmen, dass in Crossform höhere Laktatkonzentrationen im Blut resultieren. Hinweise für diese Vermutung lassen sich auch in unseren empirischen Daten finden dahingehend als, dass beispielsweise die Herzfrequenz beim Ablaufen in OL-Form sowie auch das subjektive Belastungsempfinden quantifiziert in Form der BORG-Skala tiefere Werte beim Ablaufen der Strecke in OL-Form aufweisen. Die Erhebung von Blutlaktatwerten als Element der Quantifizierung des aerob-anaeroben Übergangs würde es nun auch ermöglichen, das spekulative Feld der Wahrnehmungsverarbeitung empirisch zu eröffnen. Möglicherweise ist es während dem Ablaufen einer OL-Bahn nur beschränkt möglich, höchste Laktatkonzentrationen zu persistieren, da darunter das kognitive Element zu fest leiden würde. Betrachtet man nun die Ergebnisse ein abschliessendes Mal dezidiert, so ist zu erwähnen, dass das sequenzielle Ablaufen immer zuerst die OL-Form voraussetzte. Die Probanden wurden angewiesen, das zweite Ablaufen ausgeruht anzugehen. Die vorgegebene Ruhezeit sollte prinzipiell eine Rückbildung beispielsweise der Laktatkonzentration als Mass der Überschreitung der aerob-anaeroben Schwelle ermöglichen, respektive eine weitgehende Rückbildung erlauben. [17,18] Gleichwohl sind gewisse langsamer ablaufende homöostatische Prozesse zu erwähnen, welche eine Regeneration in so kurzer Zeit nicht ermöglichen (beispielsweise Glykogenhaushalt). [17, 18] Diesem Aspekt müsste vermutlich bei Durchführung mit Spitzenläufern Rechnung getragen werden. Summa summarum glauben wir aber, dass dieses Protokoll es ermöglicht, auf unkomplizierte und einfache Art eine Standortbestimmung zu ermöglichen insbesondere für den im Orientierungslauf wichtigen technischen Bereich. Entsprechende Variationen sind denkbar, welche je nach Geländecharakteristika wie Steilheit oder Bodenvegetation respektive technischen Anforderungen ausgestaltet werden können. Denkbar ist beispielsweise auch, nur einzelne Strecken zweimal abzulaufen oder aber auch insbesondere im Hinblick auf Routenwahlprobleme mehrere Routen anschliessend ein zweites Mal abzulaufen, um so einen Vergleich zu ermöglichen.

Praktische Implikationen

Die Analysen verdeutlichen, dass physische und technische Fähigkeiten bei Orientierungsläufern des Breitensportbereiches voneinander abweichen können und somit bei vergleichbaren Gesamtergebnissen die beiden Leistungskomponenten kognitiv-kartentechnische Fähigkeit und Ausdauerfähigkeit unterschiedlich stark entwickelt sind.

Dies impliziert, dass dieses einfache leistungsdiagnostische Protokoll es ermöglichen sollte, für den Nachwuchsbereich sinnvolle Empfehlungen zur Trainingsgestaltung zu machen, wobei Läufer mit einer grossen Überzeit bei Absolvierung in der Cross-Form vor allem die technischen Fähigkeiten trainieren sollten, währenddem vice versa vor allem der Physis Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Eine Ausdehnung der Diagnostik ist dahingehend denkbar,

dass beispielsweise während des Ablaufens in OL-Form zusätzlich ein Herzfrequenzmessgerät, welches mit gängiger Software kompatibel ist, getragen wird und so retrospektiv eine Auswertung des Verlaufes der Herzfrequenz am PC ermöglicht. Dabei dürfen insbesondere geringe Herzfrequenzvariabilitäten als Hinweis für eine gute Umsetzung der kartentechnischen Fähigkeiten interpretiert werden. Insbesondere der Umfang des Absinkens der Herzfrequenz während ausschliesslicher Kartenarbeit im Postenraum können weitere Hinweise für das Ausmass der Umsetzung der kartentechnischen Fähigkeiten geben.

Literatur

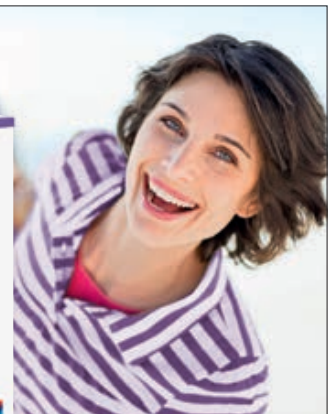
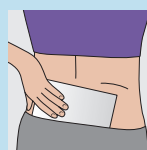
- 1 Eccles DW, Arsal G. How do they make it look so easy? The expert orienteer's cognitive advantage. *J Sports Sci.* 2014 Aug 26;1-7.
- 2 Larsson P, Henriksson-Larsén K. The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Nov;33(11):1919-24.
- 3 Larsson P, Burlin L, Jakobsson E, Henriksson-Larsén K. Analysis of performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *Sports Sci.* 2002 Jul;20(7):529-35.
- 4 Smekal G, Von Duvillard SP, Pokan R, Lang K, Baron R, Tschan H et al. Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Apr;35(4):682-9.
- 5 Omodei MM, McLennan J. Studying complex decision making in natural settings: using a head-mounted video camera to study competitive orienteering. *J percept Mot Skills.* 1994 Dec;79(3 Pt 2):141-25.
- 6 Eccles DW, Walsh SE, Ingledew DK. Visual attention in orienteers at different levels of experience. *J Sports Sci.* 2006 Jan;24(1):77-87.
- 7 Eccles DW, Arsal G. How do they make it look so easy? The expert orienteer's cognitive advantage. *J Sports Sci.* 2014 Aug 26:1-7.
- 8 Gal-Or Y, Tenenbaum G, Shimron S. Cognitive behavioural strategies and anxiety in elite orienteers. *J Sports Sci.* 1986 Spring;4(1):39-48.
- 9 Notarnicola A, Fischetti F, Vicenti G, Laricchia L, Guastamacchia R, Tafuri S et al. Improved mental representation of space in beginner orienteers. *Percept Mot Skills.* 2012 Feb;114(1):250-60.
- 10 Guzmán JF, Pablos AM, Pablos C. Perceptual-cognitive skills and performance in orienteering. *Percept Mot Skills.* 2008 Aug;107(1):159-64.
- 11 Lauenstein S, Wehrli JP, Marti B. Differences in horizontal vs. uphill running performance in male and female Swiss world-class orienteers. *J Strength Cond Res.* 2013 Nov;27(11):2952-8.
- 12 Hébert-Losier K, Mouro L, Holmberg HC. Elite and amateur orienteers' running biomechanics on three surfaces at three speeds. *Med Sci Sports Exerc.* 2015 Feb;47(2):381-9.
- 13 Popper, K.R. (1969). *Logik der Forschung.* Tübingen: Mohr Siebeck.
- 14 Borg G. *Physical performance and perceived exertion.* Gleeurup, Lund. 1962.
- 15 Borg G. Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Aerzteblatt.* 2004; 101(15):A1016–A1021.
- 16 Bera AK, Jarque CM. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals, *iln.* *Econ Lett.* 980;6(3):255-259. doi:10.1016/0165-1765(80)90024-5.
- 17 Zintl F. *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung.* (4. Aufl.) Wien, Zürich: BLV; 1997.
- 18 Steffny H. *Optimales Lauftraining.* Südwestverlag, München, 2010.
- 19 Hoppeler, H.; Baum, O.; Matthias Mueller, M.; Glenn Lurman, G. (2011). *Molekulare Mechanismen der Anpassungsfähigkeit der Skelettmuskulatur.* Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 59(1),6-13.
- 20 Hoppeler H., Howald H., Conley K., Lindstedt S.L., Claassen H., Vock P. et al. (1985) Endurance training in humans: Aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 59:320-327.
- 21 Silbernagel S. *Taschenatlas der Physiologie.* 6. Auflage, Thieme, Berlin (2000)228-231.

Korrespondenzadresse:

Dr. med et Dr. rer. pol Gasser Benedikt
 SWISS HEALTH & PERFORMANCE LAB
 Institute of Anatomy, University of Bern
 Baltzerstrasse 2, CH-3012 Bern
 gasser@pyl.unibe.ch

Schmerzen, Entzündungen?

Olfen Patch®
 Schmerzpflaster mit
 lang anhaltender Wirkung



3515

Bitte lesen Sie die Packungsbeilage.
 Mepha Pharma AG

Die mit dem Regenbogen

mepha 