

# Das Klettertechnikprotokoll des SAC – werden damit auch biologische Korrelate approximiert?

## The climbing protocol of the Swiss Alpine Club – an approximation of biological correlates?

Gasser B<sup>1</sup>, Cupic M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SWISS HEALTH PERFORMANCE LAB, Institut für Anatomie Universität Bern, Baltzerstrasse 2, 3000 Bern 9

### Zusammenfassung

**Problemstellung:** Obwohl Sportklettern mittlerweile eine allseits bekannte Sportart ist, gibt es für den Hobby- und Freizeitkletterer nur wenig einfache Werkzeuge, um den Stand respektive Verbesserungen der individuellen Klettertechnik festzuhalten. Eine in der Schweiz bekannte Möglichkeit stellt das Klettertechnikprotokoll des SAC dar, welches sich an der Standardbewegung orientiert und es erlaubt, die individuelle Technik mittels Vergabe von Punkten zu analysieren. Im Rahmen dieser Studie wurde sodann eine potenzielle Interaktion der Punktwerte mit der Blutlaktatkonzentration als Korrelat der biologischen Belastung analysiert.

**Methoden:** 12 Sportkletterer des guten Breitensportbereichs mit regelmässiger Kletteraktivität absolvierten 3 Kletterrouten der Schwierigkeit 6–, 6, 6+ (UIAA Scale) in einer Kletterhalle. Während des Durchsteigens der Routen wurde die Klettertechnik mit dem Technikprotokoll des SAC analysiert. Zusätzlich wurde zu Beginn und am Ende jeder Route die Blutlaktatkonzentration gemessen.

**Ergebnisse:** Die durchschnittlichen Gesamtpunktwerte des Klettertechnikprotokolls nahmen mit zunehmender Schwierigkeit der Kletterrouten kontinuierlich ab. Parallel stieg die Blutlaktatkonzentration von durchschnittlich  $1.9 \pm 0.6$  mmol/l auf  $3 \pm 1.1$  mmol/l bei der leichtesten Route 6–, von  $2 \pm 0.6$  mmol/l auf  $3.4 \pm 1.8$  mmol/l bei der Route mit der Schwierigkeit 6 und von  $2.2 \pm 0.7$  mmol/l auf  $4.4 \pm 1.8$  mmol/l bei der Route mit der Schwierigkeit 6+.

**Diskussion:** Prinzipiell impliziert die inverse Abnahme der Technikpunktwerte zur Laktatkonzentration, dass das Klettertechnikprotokoll die biologischen Anforderungen während des Durchkletterns approximativ mit beurteilt, respektive nicht nur die Klettertechnik bewertet wird. Weiter verdeutlichen die Zusammenhänge die enge Interaktion der beiden Komponenten Kraft und Technik beim Klettern.

Schlüsselwörter:

Technische Fähigkeiten, Sportklettern, Laktatkonzentration, SAC-Klettertechnikprotokoll

### Abstract

**Introduction:** Sport climbing is becoming more and more popular however, protocols for analyzing technique do rarely exist. One common tool in Switzerland is the standard climbing protocol of SAC, which is oriented at the standard movement of climbing allowing to rate individual technique. In this study interaction of blood lactate concentration and its interaction with technique scores were analyzed.

**Methods:** 12 sportclimbers of good leisure sport level with regular climbing activity performed 3 previously unknown routes with difficulties of 6–, 6, 6+ (UIAA Scale) in a climbing hall. Before and immediately after climbing blood lactate concentration was measured: Technical skills for all routes were rated with technical protocol of standard movement developed by the Swiss Alpine Club.

**Results:** Average values of blood lactate concentration increased in route 6– from  $1.9 \pm 0.6$  mmol/l to  $3 \pm 1.1$  mmol/l, in 6 from  $2 \pm 0.6$  mmol/l to  $3.4 \pm 1.2$  mmol/l, in 6+ from  $2.2 \pm 0.7$  mmol/l to  $4.4 \pm 1.8$  mmol/l. Rated technical skills continuously decreased with increasing difficulties of climbing routes with interindividual large differences.

**Discussion:** Principally, the inverse decrease of technique scores to lactate concentration implies, that the tested protocol not only measures technical skills but also physiological components. Furthermore, the identified relationship of technique and strength implies a close relationship in climbing of these two components.

Keywords:

technical Skills, sport climbing, blood lactate concentration, SAC-climbing technique protocol

## Einführung

Trotz der rasanten Entwicklung des Klettersports und einer mittlerweile grossen Popularität gibt es nur wenige Werkzeuge, welche es erlauben, die individuelle Klettertechnik zu analysieren [1]. Gerade das Durchführen einer Standortbestimmung hinsichtlich der eigenen Fähigkeiten im Hinblick auf das Durchklettern (schwierigerer) Routen in der freien Natur ist dabei jedoch oft ein Bedürfnis von Hobbykletterern. Versucht man ein vernünftiges Werkzeug respektive Protokoll zu identifizieren, ist es in erster Approximation zweckmässig, sich mit den Determinanten der biologischen Anforderungen auseinanderzusetzen [2,3,4,5]. Die physische Belastung verändert sich beim Klettern je nach Länge einer Route, der Kletterart beispielsweise Bouldern versus Routenklettern [6,7], der Schnelligkeit der direkten Bewegung [8,9], der Steilheit & Oberfläche und der Schwierigkeit des Aufstiegs [8,10,11,12]. Versucht man nun die Parameter der biologischen Antwort zu operationalisieren, können in erster Approximation die Herzfrequenz, der Sauerstoffbedarf oder die Blutlaktatkonzentration genannt werden. Bezüglich der Anforderungen ist zu erwähnen, dass Klettern eine Maximalkraft- und Kraftausdauersportart darstellt. Kraft kann dabei eine Voraussetzung sein, um überhaupt eine bestimmte Klettertechnik realisieren zu können (z.B. Piaztechnik), andererseits können technische Fertigkeiten die Anforderung an die Kraft reduzieren (z.B. Klemmtechniken in Rissen). Trotz dem Erwähnten, stellen die allgemeinen Kraftanforderungen ein Charakteristika der Schwierigkeit einer Kletterroute dar. Dementsprechend sollten sich die Anforderungen an diesem konditionellen Merkmal mit zunehmender Schwierigkeit einer Route erhöhen [13]. Die Blutlaktatkonzentration kann sodann als biochemisches Korrelat zur muskulären Arbeit verstanden werden [8,14,15,16,17,18,19]. Aufgrund dessen darf vermutet werden, dass mit zunehmender Schwierigkeit einer Route die Laktatkonzentration parallel ansteigt, wobei diesbezüglich grosse intraindividuelle Unterschiede je nach anthropometrischen Voraussetzungen des Kletterers zu erwarten sind [8,14,15,16,17,18,19]. Hier ist darauf zu verweisen, dass Klettern sich durch komplexe Bewegungsmuster auszeichnet, welche sich entsprechend auf ein unterschiedliches physisches Anforderungsprofil beispielsweise beim Bouldern versus klassischem Routenklettern zusätzlich auswirken [20,21]. Dies kann als Begründungsfaktor herangezogen werden für die grosse rapportierte Spannweite der Blutlaktatkonzentrationen von mehr als 4 mmol/l je nach Art der Belastung [8,14,15,16,18,19]. Zudem variierten die Leistungsniveaus bei den Kletterern in den erwähnten Studien. Bei den meisten Untersuchungen zeigte sich ausgehend von einem Ursprungslaktatniveau von 1–2 mmol/l der klassischen Ruhekonzentration eine Erhöhung auf 3 bis 7 mmol/l [8,10,16,19,22,23]. Bezüglich dem Zusammenhang von klettertechnischen Fähigkeiten und physiologischer Antwort ist anzunehmen, dass allgemein ein negativer Zusammenhang zwischen den Kletterfähigkeiten und dem Ausmass der physiologischen Beanspruchung besteht, sprich je technisch besser geklettert wird, umso geringer ist die biologische Belastung [21,24]. So konnte aufgezeigt werden, dass sowohl die Sauerstoffaufnahme als auch die Herzfrequenz negativ korreliert waren mit den subjektiv-rapportierten Kletterfähigkeiten [13,20,24]. Eine gleichgeartete Beziehung ist aufgrund der obigen Überlegungen zwischen Klettertechnik und Blutlaktatkonzentration zu erwarten, immer auch unter Berücksichtigung anderer Parameter (Griffgrösse, Steilheit, Länge

einer Sportkletterroute, Niveau der Kletterer) [20,24]. Dies führt unweigerlich zur Frage der Beurteilung der Klettertechnik: Als Referenzmass der klettertechnischen Fähigkeiten kann sodann die Standardbewegung verwendet werden [25]. Die Standardbewegung der Klettertechnik umfasst die Aufteilung in eine Vorbereitungsphase, eine Hauptphase und eine Endphase und ermöglicht es somit, die Kletterzüge bezüglich der Adäquanz und der Ökonomie der Fortbewegung während dem Klettern zu beurteilen [25]. (Abb. 1) Ein direktes Mass einer physischen Komponente wird jedoch nicht berücksichtigt. Im Rahmen dieser Untersuchung soll sodann das Kletterprotokoll bei einem Kollektiv von Hobbykletterern administriert werden und parallel dazu die Veränderungen in der Blutlaktatkonzentration untersucht werden im Hinblick auf eine allfällige Involvierung der physischen Komponente.

## Material & Methoden

### Probanden

12 männliche, gesunde Sportkletterer ( $176 \pm 6$  cm /  $76.0$  kg  $\pm 8.7$  kg /  $38.8 \pm 18.8$  Jahre) des Breitensportbereiches, welche regelmässig Klettern (einmal wöchentlich) mit einem konstanten Kletterniveau im Bereich des 6. Grades (UIAA), wobei das Niveau der Probanden persönlich erfragt wurde. Die Kletterer wurden angewiesen, ausgeruht und normal gepflegt ohne vorgängigen Alkoholkonsum zu erscheinen.

Technikprotokoll Sportklettern (Basis)			
Name:	Datum:		
Ort:	Route:	Schwierigkeit:	
		Häufigkeit	
<b>Mentaler Bereich</b>		oft	manchmal
Kann sich nicht für den nächsten Griff entscheiden			
Kann die erforderliche Kletterbewegung nicht vorausplanen			
<b>Vorbereitungsphase</b>			
Ausgeschüttelte Hand nicht auf dem vorletzten Griff			
Keine optische Kontrolle der Füße			
Arme nicht gestreckt			
Ungünstige Trittauswahl für die Schwerpunktverlagerung			
Unpräzise Fussarbeit bei der Schwerpunktverlagerung			
<b>Hauptphase</b>			
Zugphase: Einarmiges Ziehen	Einarmiges Ziehen		
	Keine Körperspannung		
	Unentschlossenheit im Ziehen		
	Zugarbeit zu stark		
Greifphase:	Unterstützende Hand geht zu früh weg		
	Unpräzise Greifbewegung		
<b>Endphase</b>			
Uebermässige Griffbelastung			
Keine optische Kontrolle der Füße			
Arme nicht gestreckt			
Ungünstige Trittauswahl für die Schwerpunktverlagerung			
Keine bewusste Entspannung			
Kein Ausschütten des Zugarmes			
<b>Allgemeine subjektive Einschätzungen</b>			
		negativ	mässig
Seilhandhabung			positiv
Routenübersicht			
Routenverständnis			
Bewegungsqualität:	Rhythmus		
	Tempo		
	Konstanz		
	Flexibilität		

**Abb. 1:** Protokoll zur Beurteilung der Klettertechnik des Schweizerischen Alpenclubs (SAC).

## Feldmessungen

Die Kletterer absolvierten innerhalb von 3 Stunden drei unterschiedliche Routen mit den Schwierigkeiten 6–, 6, 6+ (UIAA Scale) respektive 5b, 5c, 6a (French Scale). (Abb. 2) Die Routen wiesen eine Länge von ca. 20 Meter auf und wurden on-sight geklettert. Die Blutentnahme zur Messung erfolgte einmalig stets unmittelbar vor Beginn der Klettertätigkeit und unmittelbar nach dem Ablassen durch den Sicherungspartner. Zwischen den Routen hatte jeder Proband mindestens 20 Minuten Pause, um eine genügende Rückbildung der Blutlaktatkonzentration sicherzustellen [19,21]. Die Kletterbewegung wurde für jede Route durch einen unabhängigen Experten (immer die gleiche Person) mit Hilfe des Technikprotokolls des SAC beurteilt (25). (Abb. 1) Die Bereiche mental, Vorbereitungsphase, Hauptphase, Endphase und allgemeine subjektive Einschätzungen wurden mit den Punkten oft (1), manchmal (2), nie (3) klassifiziert und die entsprechenden Unterwerte zu einem Total aufaddiert, was zu totalen Punktwerten zwischen 21 und 81 führte.



**Abb. 2:** Die Indoor-Kletterwand mit den drei unterschiedlichen Routen 6-, 6, 6+, welche von den zwölf Probanden durchklettert wurden.

## Material

Für die Messung der Blutlaktatwerte wurde das Laktatmessgerät «Laktat Pro» (Arkray Inc., Japan) verwendet, wobei die Entnahme des Blutes am Ohrläppchen erfolgte.

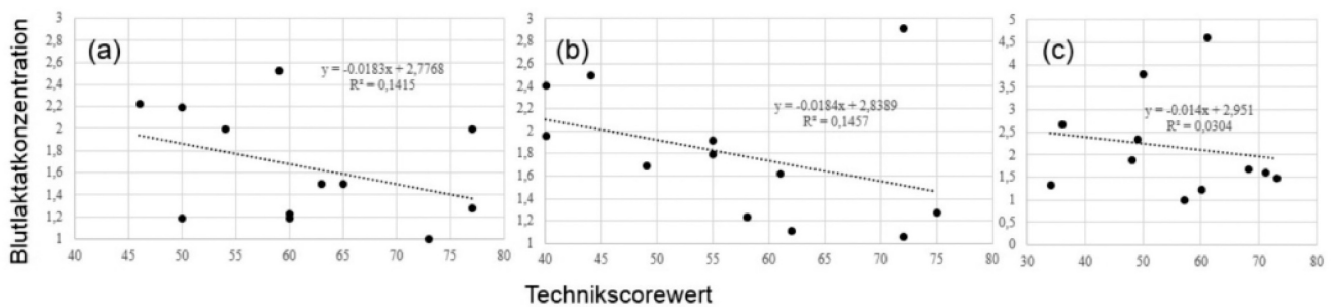
## Statistische Analysen

Die am Anfang und am Ende jeder der drei Kletterrouten gemessenen Laktatkonzentrationen wurden mit Hilfe eines Jarque-Bera-Tests auf Normalverteilung überprüft, wobei auf einem Signifikanzniveau von 0.05 die Annahme der Normalverteilung für alle Gruppen von Anfangs- und Endwerten nicht verworfen werden konnte [27]. Weiter wurde die Veränderung der Anfangs- hin zu den Endwerten aller Routen mittels gepaartem, zweiseitigen, heteroskedastischen T-Test hinsichtlich des Vorliegens signifikanter Unterschiede überprüft [28]. Zudem wurden Regressionsanalysen zwischen dem relativen Anstieg der Blutlaktatkonzentration (Verhältnis Anfangs- und Endwerte) während des Durchkletterns einer Route auf den totalen Wert des Technikprotokolls durchgerechnet (28). Die relativen Anstiege der Blutlaktatkonzentrationen wurden bezüglich Unterschieden mittels ANOVA analysiert [28,29]. Weiter wurden zur Untersuchung einer allfällig durch das Alter, das Gewicht und der Grösse mit determinierten Veränderung der Laktatkonzentration Korrelationsanalysen zwischen dem Alter und den relativen Veränderungen berechnet [1].

## Resultate

Die Blutlaktatkonzentration stieg in der Route mit der Schwierigkeit UIAA 6– von durchschnittlich  $1.9 \pm 1$  mmol/l auf  $3 \pm 1.3$  mmol/l ( $p < 0.01$ ), in der Route mit der Schwierigkeit UIAA 6 von  $2 \pm 0.6$  mmol/l auf  $3.4 \pm 1.8$  mmol/l ( $p < 0.01$ ) und bei der Route mit der Schwierigkeit UIAA 6+ von  $2.2 \pm 0.7$  mmol/l auf  $4.4 \pm 1.8$  mmol/l ( $p < 0.01$ ). Bezüglich der Gesamtzahl der Technikwerte ist zu erwähnen, dass diese mit zunehmender Schwierigkeit kontinuierlich abnahmen, die Klettertechnik entsprechend schlechter eingeschätzt wurde. Bei der Route der Schwierigkeit UIAA 6– betrug diese durchschnittlich  $61.2 \pm 10.4$  Punkte und sank auf  $56.9 \pm 12.2$  Punkte bei der Route UIAA 6 und erreichte Minimalwerte von  $53.6 \pm 13.7$  Punkte bei der Route UIAA 6+. Der relative Anstieg der Blutlaktatkonzentration (Quotient von Anfangs- und Endwerten der Laktatkonzentrationen) betrug 1.6 für die einfachste Route, für die mittlere Route 1.7 und für die schwierigste Route 2.2. Eine ANOVA des Vergleichs der Anstiege der relativen Blutlaktatkonzentration wurde für das Verhältnis zwischen Anfangs- und Endwerten berechnet, wobei sich die relativen Anstiege für die drei Schwierigkeitsgrade hochsignifikant voneinander unterschieden ( $2/33 = 9.704$   $p < 0.01$ ). Abbildung 3a-3c gibt die linearen Regressionen zwischen den relativen Anstiegen der Blutlaktatkonzentration als Verhältnis der Anfangs- und Endwerte auf die Werte des Technikprotokolls wieder.

Weiter wurde in einem zweiten Schritt auch nach Begründungsfaktoren für die schwierigkeitenabhängigen Anstiege gesucht. Tab. 1 gibt die pearsonschen Korrelationskoeffizienten und das Bestimmtheitsmass zwischen den relativen Anstiegen und den drei Routen wieder.



**Abb. 3:** Zusammenhang zwischen relativem Anstieg der Blutlaktatkonzentration (y-Achse) und dem Technikscore (x-Achse) für (a) die Route mit der Schwierigkeit UIAA 6- (b) die Route UIAA 6 5c und (c) für die Route UIAA 6+ 6a. Ein Punkt repräsentiert jeweils einen Kletterer (n = 12).

		Relativer Anstieg 6- / 5b	Relativer Anstieg 6 / 5c	Relativer Anstieg 6+ / 6a
Alter	r	-0,39	-0,15	-0,31
	r <sup>2</sup>	0,15	0,02	0,09
Grösse	r	0,36	0,51	0,17
	r <sup>2</sup>	0,15	0,26	0,03
Gewicht	r	0,39	0,35	0,22
	r <sup>2</sup>	0,15	0,12	0,05

**Tab 1:** Pearsonscher Korrelationskoeffizient und Bestimmtheitsmass zwischen relativem Anstieg der Laktatkonzentration und dem Alter, der Grösse und dem Gewicht (n = 12).

## Diskussion

Die folgenden Analysen hatten zur Zielsetzung, das Kletterprotokoll des SAC zu prüfen und zu beurteilen, ob dieses auch biologische Parameter wiedergibt. Versucht man nun die gemessenen Werte der Laktatkonzentrationen einzuordnen, so ist zu erwähnen, dass die Ausgangswerte vor dem Einstieg mit Werten um 2 mmol/l im Bereich von physiologischen Ruhewerten liegen [19,30]. Die anschliessende Absolvierung der drei Routen führte zu einer im Vergleich mit anderen Studien plausiblen Erhöhung der Laktatkonzentrationen am Ende der Kletteraktivität [8,14,18,19,21,22,31]. Der absolut niedrig anmutende Endwert selbst für die Route 6+ mit 4.4 mmol/l ist wohl einerseits auf die sportartspezifischen Verhältnisse und weiter eine Konsequenz des Indoorkletterns aufgrund der oft grossen Vertrautheit mit Standardgriffen respektive Kletterhallenstandardsituationen, was vermutlich mitverantwortlich ist für die niedrigeren Endwerte im Vergleich zum Klettern im Freien [8]. Zudem ist bezüglich der Einordnung der Werte zu erwähnen, dass die sich leicht erhöhenden Anfangswerte vermutlich auf eine mangelnde Rückbildung zurückzuführen sind, welche sich aus der kumulativen Belastung der drei Routen ergab. Bei der Einordnung der Resultate ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der analysierten Stichprobe um männliche Kletterer des Freizeitsportbereiches handelte, welche regelmässig in den Bergen unterwegs sind und mit gewisser Regelmässigkeit klettern. Als Kernbefund resultiert sodann einerseits, dass mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad eine stärkere Zunahme der Laktatkonzentration resultierte. Die Laktatkonzentration kann als Messwert der Kraftkomponente verstanden werden. Unzweifelhaft können beim Klettern die beiden Parameter

Kraft und Technik nicht ausschliesslich isoliert betrachtet werden, vielmehr beeinflussen und bedingen sie sich gegenseitig unter besonderer Belastung gewisser Muskelpartien (Unterarmbeuger) [17]. Dies ist sodann im Kern verbindbar mit der Abnahme der Technikscores mit zunehmender Schwierigkeit. Versucht man die Mechanismen zu identifizieren, so ist zu vermuten, dass über die Akkumulation von Laktat sekundär eine verschlechterte Klettertechnik resultiert, jedoch auch die verschlechterte Klettertechnik eine beschleunigte Zunahme der Blutlaktatkonzentration zur Konsequenz haben könnte. Dies ist einordnungsfähig in anderen Studien, bei welchen die selbst rapportierten Kletterfähigkeiten signifikant negativ korrelierten sowohl mit der Herzfrequenz als auch mit dem O<sub>2</sub>-Bedarf [24]. Die sodann berechneten korrelativen Zusammenhänge zwischen dem relativen Anstieg der Laktatkonzentration und den anthropometrischen Faktoren (dazu Tab. 1), weisen relativ geringe Erklärungskraft für den unterschiedlich starken Anstieg der Laktatkonzentration auf, wobei hier auf das heterogene Kollektiv bezüglich dieser Faktoren zu verweisen ist und es prinzipiell ermöglicht, die anderen Zusammenhänge als teilweise robust zu taxieren. Es darf festgehalten werden, dass ein relativ konsistenter Zusammenhang zwischen den gemessenen Technikscores und dem relativen Anstieg der Laktatkonzentration mit zunehmender Schwierigkeit identifiziert werden konnte. Dies erlaubt es zu vermuten, dass sich die Kraft- und Technikkomponente gegenseitig beim Klettern bedingen. In zweiter Approximation, dass prinzipiell singular ohne Laktatmessung die Klettertechnik mittels dem präsentierten Protokoll festgehalten werden kann und indirekt so auch Hinweise hinsichtlich des Trainingszustandes identifiziert werden können. Indirekt kann sodann bei Veränderungen der Technik-

scores über eine bestimmte Zeitspanne parallel wohl auch ein potenzieller physischer Fortschritt mitbeurteilt werden. Auf biologischer Ebene sind diese Ergebnisse sodann verbindbar mit weiteren Analysen, welche aufzeigen konnten, dass mit zunehmender Schwierigkeit einer Kletterroute ebenfalls sowohl die Herzfrequenz als auch die Sauerstoffaufnahme anstieg [31], was sich mit der gemessenen Erhöhung der Blutlaktatkonzentration verbinden lässt und auch mit der Tatsache vereinbar ist, dass bessere Kletterfähigkeiten mit höherer aerober Fitness assoziiert sind [32]. Zusammenfassend darf vermutet werden, dass das präsentierte Klettertechnikprotokoll eine potenzielle Möglichkeit darstellt, um auf einfache Art und Weise die Fähigkeiten von Kletterern bei gleichzeitig indirekter biologischer Komponente festzuhalten. Dieses Protokoll könnte beispielsweise auch im Jahresverlauf sinnvoll eingesetzt werden, beispielsweise monatliche Anwendung, um potenzielle Verbesserungspotenziale zu identifizieren und Fortschritte festzuhalten.

## Praktische Implikationen

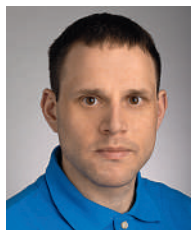
Die gemessenen Technikscores des Kletterprotokolls des SAC nehmen mit zunehmender Schwierigkeit der Routen relativ konsistent ab, wobei gleichzeitig ein kontinuierlich grösserer Anstieg der Laktatkonzentration bei wachsender Schwierigkeit resultierte.

Indirekt werden durch die Beurteilung mit dem Protokoll wohl auch biologische Komponenten neben der Klettertechnik analysiert.

Das Kletterprotokoll ermöglicht es somit prinzipiell, auf einfache Art die Klettertechnik respektive Kletterfähigkeiten zu erfassen und erlaubt zusammen mit der Schwierigkeit einer Route eine Standortbestimmung beispielsweise innerhalb eines Kletterkollektivs im Hinblick auf Verbesserungspotenziale.

## Korrespondenzadresse

Dr. med Benedikt Gasser  
Zellmoosweg 33 /KSSW  
6210 Sursee  
benedikt.gasser@yahoo.com



## Literaturverzeichnis

1. Drapper N, Gilles D et al. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*. Available from: doi 10.1080/19346182.2015.1107081
2. Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. The physiology of rock climbing. *Sports Med*. 2006;36(6):529-45.
3. Grant SC, Shields C, Fitzpatrick V et al. Climbing-specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Sciences*. 2003;21(8):621-630.
4. Michailov ML, Morrison A, Kettenliev MM, Pentcheva BP. A sport-specific upper-body ergometer test for evaluating submaximal and maximal parameters in elite rock climbers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(3):374-80.
5. Schöffl V, Möckel F, Köstermeyer G, Roloff I, Küpper T. Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *Int J Sports Med*. 2006;27:205-211.
6. Draper N, Ellis L, Bird EL, Coleman J, Hodgson C. Effects of active Recovery on lactate concentration, heart rate, and RPE in Climbing. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2006;5:97-105.
7. Draper N, Jones GA, Fryer S, Hodgson C, Blackwell G. Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2008;7(4):492-498.
8. Booth J, Marino F, Hill C, et al. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *Br J Sports Med*. 1999;33:14-18.
9. de Geus de B, O'Driscoll SV, Meeusen R. Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*. 2006;98(5):489-496.
10. Mermier CM, Robergs RA, McMinn SM, et al. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br J Sports Med*. 1997;31:224-8.
11. Schweizer A. Sport climbing from a medical point of view. *Swiss Med Wkly*. 2012;142:1368-8
12. Watts PB, Martin DT, Durtschi S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J Sports Sci*. 1993;11:113-7.
13. Bertuzzi RC, Franchini E, Kokubun E, Kiss MA. Energy system contributions in indoor rockclimbing. *European Journal of Applied Physiology*. 2007;101(3):293-300.
14. Billat V, Palleja P, Charlaix T, et al. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *J Sports Med Phys Fitness*. 1995;35:20-4.
15. Fryer S, Draper N, Dickson T, Blackwell G, Winter D, Ellis G. Comparison of lactate sampling sites for rock climbing. *Int J Sports Med*. 2011;32(6):428-32.
16. Schöffl V, Möckel F, Köstermeyer G. Entwicklung einer sportartspezifischen Leistungsdiagnostik der laktaziden Kraftausdauer der Unterarmbeugemuskulatur im Sportklettern. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*. 1997;1(2):30-38.
17. Schöffl V, Klee S, Strecker W. Evaluation of physiological standard pressures of the forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers. *Brit J Sportsmed*. 2004;38(4):422-425.
18. Watts PB, Drobish KM. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:1118-22.
19. Watts PB, Daggert M, Gallagher P, et al. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *Int J Sports Med*. 2000;21:185-90.
20. Laffaye G, Collin JM, Levernier G, Padulo J. Upper-limb power test in rock-climbing. *Int J Sports Med*. 2014;35(8):670-5.
21. Sheel AW, Seddon N, Knight A, et al. Physiological responses to indoor rockclimbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1225-31.
22. Watts PB, Newbury V, Sulentic J. Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996;36:255-60.
23. Zintl F & Eisenhut A. *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*. München: BLV Buchverlag. 2009.
24. Baláš J, Panáková M, Strojcová B, Martin AJ, Cochrane DJ, Kaláb M, Kodejška J, Draper N. The Relationship between Climbing Ability and Physiological Responses to Rock Climbing. *Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal Volume 2014*. Available from doi: 10.1155/2014/678387
25. Sigrist HP. Die Standardbewegung im Sportklettern. Vorbereiten – Auslösen – Abschliessen. *Mobilepraxis*: 2010;71/1.
26. Sheel, AW. Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med*. 2004;38:355-359.
27. Jarque CM, Bera AK. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economic Letters*.1980;6(3):255-259.
28. Bortz, J. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.) Berlin: Springer. 2005.
29. Stier, W. *Empirische Forschungsmethoden*. Berlin: Springer. 1996.
30. Silbernagel S. *Taschenatlas der Physiologie*, 6. Auflage, Thieme, Berlin. 2000.
31. Janot JM, Steffen JP, Porcari JP; Maher MA. Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2000;3(1):1-13.
32. Pires FO, Lima-Silva AE, Hammond J, Franchini E, Dal' Molin Kiss MA, Bertuzzi R. Aerobic profile of climbers during maximal arm test. *Int J Sports Med*. 2011;32(2):122-5.