

Patrick Siragusa, Bernard Marti

Sportwissenschaftliches Institut (SWI), Bundesamt für Sport (BASPO), Magglingen

Vergleich von zwei unterschiedlich aufwändigen Ausdauer- und Wettkampftests (Feld vs. Labor) mit den Wettkampfleistungen von 14- bis 18-jährigen Schweizer Spitzenläuferinnen und -läufern

Zusammenfassung

Hintergrund: In der Leistungsdiagnostik für Ausdauersportarten im Jugendalter bestehen noch enorme Wissenslücken. Unklar ist insbesondere die Aussagekraft von klassischen Leistungsparametern wie VO_2max , Schwellenleistung und 4mmol/l-Leistung für die Vorhersage von Wettkampfleistungen.

Fragestellungen: 1. Welches ist die sportliche Leistungsfähigkeit der besten 14- bis 18-jährigen Mittel- und Langstreckenläufer und -läuferinnen der Schweiz, dokumentiert im nationalen Kader «Jugend für Olympia 2001»? 2. Wie korrelieren die Standardparameter der Ausdauer-Leistungsdiagnostik der Erwachsenen aus je einem Labor- sowie Feldtest mit der sportlichen Leistungsfähigkeit dieser 14- bis 18-jährigen Spitzenläufer? 3. Welche praktischen Schlüsse lassen sich für die Optimierung der Ausdauer-Leistungsdiagnostik bei 14- bis 18-jährigen Spitzenläufern ziehen?

Methode: 20 Läuferinnen und 24 Läufer zwischen 14 und 18 Jahren aus dem nationalen Nachwuchskader Jugend für Olympia (JfO) liefen Ende 2001 einen Laktatstufentest mit Messung der VO_2peak auf dem Laufband (nach Richtlinien Swiss Olympic) und den 4 x 1000 m-Feldtest nach Held. Das Leistungsvermögen wurde mittels Wettkampfzeiten wie folgt zweifach operationalisiert: 1) Bestleistungen aus der Bahnsaison 2001 (800, 1500, 3000 m), umgerechnet auf ein Zeitäquivalent über 3000 m (V3000-Best) sowie 2) eine individuelle Schätzung der am Testtag möglichen 3000 m-Zeit (V3000-S).

Resultate: Die besten jungen Langstreckenläufer und -läuferinnen der Schweiz waren in der Lage, die 3000 m in einer Zeit zwischen 9'50" und 10'40" für die Mädchen und zwischen 8'20" und 9'40" für die Knaben zu laufen. Die beste Korrelation zwischen den Parametern aus den beiden Lauftests, Laktatstufentest und 4 x 1000 m-Test, und den beiden Wettkampfleistungen, resultierte mit der Geschwindigkeit in der letzten Stufe des Feldtests (jeweils $r = 0,83$, $p < 0,001$). Auch die Schätzung der anaeroben Schwelle im Feldtest ergab eine gute Korrelation mit den Wettkampfergebnissen ($r = 0,70$, $p < 0,001$ für das Bestzeitäquivalent; $r = 0,80$, $p < 0,001$ für die geschätzte Leistung über 3000 m). Auch in geschlechtsspezifischen Analysen waren die Korrelationen immer noch signifikant, mit Koeffizienten um 0,55 bis 0,6. Die Korrelation der Wettkampfleistung mit der Schwellenleistung im Laktatstufentest variierte geschlechtsspezifisch zwischen $r = 0,4$ und $0,6$; am schlechtesten korrelierte die Wettkampfleistung mit VO_2peak : Die Koeffizienten lagen zwischen $r = 0,1$ und $0,6$. Die durch die beiden Tests geschätzten anaeroben Schwellenwerte korrelierten stark miteinander ($r = 0,86$, $p < 0,001$).

Schlussfolgerungen: Aufgrund dieser Ergebnisse ist der 4 x 1000 m-Test bei jugendlichen Ausdauerathleten und -athletinnen dem Laktatstufentest mindestens ebenbürtig, tendenziell sogar überlegen. Die Korrelation mit der Wettkampfleistung ist eher besser, und ausserdem ist der Feldtest einfacher durchzuführen als der Labortest. Man kann mehrere Läufer gleichzeitig testen, und es sind keine teuren Geräte nötig.

Summary

Comparison of two different running tests (laboratory vs. field conditions) with the performances in competition of 14 to 18 year old elite swiss runners

Background: The knowhow in the assessment of endurance capacity of young athletes with fitness tests could still be improved a lot. It is still unclear how good the predictive value of classical parameters like VO_2max , anaerobic threshold and running speed at 4 mmol/l lactate is for the performance level in competition.

Questions: 1) What is the level of performance of the best young middle and long distance runners in Switzerland, as assessed in the national selection «Youth for Olympics»? 2) What is the correlation of classical endurance parameters, obtained in adults from a treadmill test and a field test, with the performances in competition of 14 to 18 years old top runners? 3) What are the practical consequences for the assessment of endurance capacity by the means of exercise tests in 14 to 18 years old young athletes?

Methods: In late 2001, 44 runners, 20 girls and 24 boys, aged 14 to 18 years, from the national selection «Youth for Olympics», performed both a standard treadmill test with measurement of lactate (according to the quality standards of Swiss Olympic) as well as a 4 x 1000 m field test, as proposed by Held. The 'true' endurance capacity of the subjects was quantified in two ways: First, the best results in track races during the season 2001 (800, 1500, 3000 m) were transformed into a 3000 m equivalent time (V3000-Best). Second, an estimation of the time that should be possible to achieve in a hypothetical 3000 m run on the same day of the treadmill test (V3000-S).

Results: The best young runners in Switzerland were able to perform a 3000 m run in a time between 8'20" and 9'40" in boys, and between 9'50" and 10'40" in girls, respectively. The maximum speed in the field test had the best correlation with the «true» endurance capacity, i.e. the two performances in competition, V3000-Best and V3000-S (both $r = 0,83$, $p < 0,001$), compared to all other parameters from both the treadmill and the field test. Also the anaerobic threshold estimated from the field test had a good correlation with the performances in competition ($r = 0,70$, $p < 0,001$ for the equivalent time V3000-Best; $r = 0,80$, $p < 0,001$ for the estimated time V3000-S). The correlations remained also significant if a gender specific analysis was done; these correlations were between 0,55 and 0,60. The correlations between the anaerobic threshold, estimated from the treadmill test, and the performance in competition were between 0,4 and 0,6 for both boys and girls; the weakest correlations were seen between VO_2peak and competition performances: the coefficients were between $r = 0,1$ and $0,6$. The anaerobic thresholds estimated from both tests had a strong intercorrelation ($r = 0,86$, $p < 0,001$).

Conclusions: The 4 x 1000 m field test seems to be at least as good as the treadmill test in young endurance athletes, perhaps even better. The correlation with the performance in competition is

Die Ausdauer-Leistungsdiagnostik in diesem Alter bleibt indessen heikel. Die Testresultate korrelieren zwar recht gut mit der Wettkampfleistung, die Streuung ist aber immer noch relativ gross. Das heisst, dass die Resultate immer individuell für jeden Athleten und jede Athletin interpretiert werden müssen. In die Beurteilung muss immer auch die Eigenerfahrung als Testleiter sowie diejenige des Trainers einfließen.

Der Nutzen einer Messung der Sauerstoffaufnahme in der Leistungsdiagnostik Jugendlicher bleibt umstritten. Bei den Knaben korrelierte die Sauerstoffaufnahme überhaupt nicht mit der Wettkampfleistung, bei den Mädchen hingegen schon. Wir raten deshalb eher von einer routinemässigen Messung der Sauerstoffaufnahme ab.

slightly better, and the field test is easier to perform than the treadmill test; it is also possible to test more runners at one time, and it is less expensive.

Testing endurance capacity in well-trained young girls and boys remains a delicate issue. The correlations of the test parameters with the true level of performance are acceptable, but the range of individual values is too big. The result of any test has to be fitted individually to each athlete, and the experience of the coach and the examiner is important for the interpretation of the results. The utility of assessment of VO_{2peak} in young athletes remains equivocal. There was no correlation between VO_{2peak} and competition performances in boys, but the association was significant in girls. Based on these data, we cannot recommend to measure routinely VO_{2peak} in well-trained adolescent athletes.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 50 (4), 140–150, 2002

Einleitung

Aktueller Stand der Leistungsdiagnostik im Jugendalter

Spitzensportler sind immer jünger. Hochleistungssport wird nicht mehr nur von Erwachsenen praktiziert, sondern das mittlere Alter des Einstieges im Leistungssport auf Topniveau ist deutlich gesunken. Voraussetzung, um ein solches Niveau zu erreichen, ist unter anderem die Fähigkeit, einen grossen Trainingsumfang schon im jungen Alter zu absolvieren. Diese Tatsache zieht das Bedürfnis nach sich, Talente möglichst früh zu erkennen. Kinder sind jedoch in verschiedener Hinsicht anders als Erwachsene. Ihre Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, weder physisch noch psychisch noch sozial. Besonders in pubertären Alter gibt es sehr viele Veränderungen, die man im Sport berücksichtigen muss.

Qualitativ gute Leistungstests müssen bestimmte Eigenschaften haben: Validität, Reabilität und Objektivität. Ausserdem müssen die Tests praxisnah und einfach durchführbar sein. Einerseits sollten sie die Wettkampfleistungen widerspiegeln oder womöglich gar voraussagen. Andererseits sollten sie Parameter messen, die für den Sportler relevant und leistungsbestimmend sind. Der Testablauf selber sollte dem Athleten erlauben, seine maximale Leistung zu erbringen. Letzteres scheint banal zu sein; man muss aber bedenken, dass das Testprotokoll und die Testgeräte eine maximale Ausbelastung beeinträchtigen können. Bei Kindern und Jugendlichen scheint dies besonders wichtig zu sein. Sie sind kleiner und koordinativ nicht auf dem selben Niveau wie Erwachsene. Seit kurzem gibt es in der Schweiz zur sportmedizinischen Qualitätssicherung [1] auch für die Leistungsdiagnostik zwei Manuale, eines im Ausdauerbereich und eines im Kraftbereich. Sie zeigen, welche Tests sinnvoll sind und wie sie durchgeführt werden sollten [2, 3]. Allerdings sind diese Richtlinien für Erwachsene entwickelt worden. Die Leistungsfähigkeit der Kinder zu messen, bereitet viel mehr Probleme. Dafür gibt es verschiedene Gründe; einerseits ist das Entwicklungstempo nicht bei allen gleich. Es gibt Kinder, die früher reifen und andere, die es später tun. Deswegen ist es immer schwierig abzugrenzen, ob gewisse Veränderungen entwicklungs- oder trainingsbedingt sind. Andererseits sind die Geräte, die für Erwachsene benutzt werden, nicht immer auch für Kinder geeignet. Ausserdem stellt sich aufgrund der metabolischen und anthropometrischen Unterschiede die Frage, ob Parameter wie die 4mmol/l Laktatschwelle oder die VO_{2max} ebenfalls so wichtige Leistungsparameter sind wie bei den Erwachsenen. Aus diesem Grund lassen sich Leistungstests für Erwachsene nicht einfach auf das Kindesalter übertragen.

Wissenschaftlicher Hintergrund

Es wurden schon viele Studien gemacht, um die Entwicklung der klassischen Leistungsfaktoren vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter zu untersuchen. Im Ausdauerbereich liegen die Schwerpunkte der Forschung auf der Entwicklung der VO_{2max} , der Lak-

tatkinetik und der Trainierbarkeit in Abhängigkeit vom Alter der Kinder. Bezüglich Trainierbarkeit gibt es heutzutage einen gewissen Konsensus, dass auch Kinder durch gezieltes Training ihre Leistungen verbessern können [4-6].

Aerobe Kapazität (VO_{2max})

Die aerobe Leistungsfähigkeit wird normalerweise anhand der VO_{2max} objektiviert. Die Definition von VO_{2max} beinhaltet das Erreichen eines Plateaus des Sauerstoffverbrauches [7, 8]. Dieses wird bei Kindern aber seltener angetroffen als bei Erwachsenen [9]. Deswegen sprechen einige Autoren bei Kindern nicht von VO_{2max} , sondern korrekterweise von VO_{2peak} [10]. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass Kinder, die ein Plateau erreichen, weder eine höhere Sauerstoffaufnahme noch erhöhte Herzfrequenz haben als diejenigen, die kein Plateau erreichen [10, 11]. VO_{2max} oder peak absolut (l/min) nimmt mit dem Alter und mit der Körpergrösse kontinuierlich zu. Wird dieser Wert aber durch das Körpergewicht dividiert und somit das relative VO_{2max} bestimmt, sehen wir keine Korrelation mit dem chronologischen oder dem biologischen Alter nach Tanner mehr [12–14]. Das relative VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) bleibt bei den Knaben konstant, und bei den Mädchen nimmt es nach der Pubertät sogar tendenziell ab. Es ist zu vermuten, dass die relative VO_{2max} bei Kindern und Jugendlichen nicht geeignet ist, um Veränderungen des Dauerleistungsvermögens zu untersuchen, weil auf diese Weise z.B. bei schwereren Jugendlichen die Ausdauerfähigkeit eher unterschätzt und bei leichteren eher überschätzt wird [15–17]. Gegen die VO_{2max} als Mass für die Ausdauerleistungsfähigkeit sprechen weitere Argumente [7]: 1) Wenn ein Untrainierter 6 Monate lang regelmässig trainiert, wird sich am Anfang die VO_{2max} um etwa 20% verbessern; in der Folge wird sich die Laufzeit weiter verbessern, ohne aber weiteren Anstieg der VO_{2max} . 2) Junge Läufer, die im Vergleich mit älteren Läufern gleich schnell über eine Distanz von 10 km sind, haben im Durchschnitt eine um 9% höhere VO_{2max} als die älteren [18]. 3) Die Korrelation der VO_{2max} mit den Wettkampfergebnissen ist schlechter als diejenige einfacherer Tests wie zum Beispiel dem 12-Minuten-Lauf [19].

Laktatdiagnostik

Ein weiterer Parameter zur Bestimmung der aeroben Leistungsfähigkeit ist die Laktatschwelle. Es gibt jedoch Hinweise, dass die maximalen Laktatwerte mit dem Alter steigen [20]; andere Studien haben gezeigt, dass sich der maximale Laktatwert im Alter zwischen 11–16 Jahren hingegen nicht ändert [21]. Ausserdem gibt es Studien, die das MLSS (Maximale lactate steady state) gemessen haben und gleiche Laktatwerte wie bei den Erwachsenen nachweisen konnten [22]. Andererseits haben Autoren bei den gleichen relativen submaximalen Arbeitsintensitäten bei den Jugendlichen tiefere Werte gemessen [23]. Wie bei den Erwachsenen gibt es auch bei Kindern und Jugendlichen sehr viele Laktatschwellenkonzepte, die auch vom angewendeten Testprotokoll abhängig sind.

Feldtests

In der Trainingspraxis hat man schon seit je versucht, die aufwendigeren Labortests durch einfachere Feldtests zu ersetzen. Dies gilt vor allem für die verschiedenen Fitnessstests für Schüler oder Aushebungstests für das Militär. Andererseits gibt es auch in Ausdauersportarten ein reges Interesse für einfachere Feldtests. Effiziente Tests sind z.B. nützlich für die Selektion in Kader. Ein Feldtest kann andererseits auch das Ziel haben, das Training zu kontrollieren und die Leistungsentwicklung zu überwachen.

In der Schweiz ist der wohl am meisten gebrauchte Feldtest der 12-Minuten-Lauf nach Cooper [24]. Er gibt sehr gute Korrelationen sowohl mit der $VO_2\text{max}$ wie auch mit Wettkampfleistungen [19]. Er hat aber den Nachteil, dass er keine Informationen über Herzfrequenz und Schwellenleistung gibt und sehr anstrengend ist, da man 12 Minuten lang maximal laufen muss.

Ein weiterer sehr verbreiteter Feldtest ist der Conconi-Test [25]. Ein weiterer Feldtest, der oft gebraucht wird, ist der 20 m-Shuttle-Run-Test [26–28]. Diesen Test kann man auch in einer Halle durchführen. Die Testpersonen müssen zwischen zwei 20 m entfernten Markierungen hin und her pendeln mit einer Geschwindigkeit, die von einem Pacer gegeben wird. Die Anfangsgeschwindigkeit ist meistens 8.5 km/h und wird jede Minute um 0,5 km/h gesteigert. Anhand der absolvierten Stufen kann man die $VO_2\text{max}$ vorhersagen. Dieser Test zeigte eine gute Korrelation mit einem 10 km-Lauf [29] und ist auch im sogenannten Eurofit-Test enthalten. Der Eurofit-Test wurde auch in einer grösseren schweizerischen Studie angewendet, die den Fitnesszustand von 9- bis 19-jährigen Jugendlichen im Kanton Waadt gemessen hat [30].

Der Schweizerische Leichtathletikverband hat bis vor kurzem mit den Läufern im Nachwuchsalter sogenannte Schwellenläufe gemacht. Die Athleten und Athletinnen mussten zwei Mal 10 Minuten, unterbrochen von 1 Minute Pause, mit der vermuteten Schwellengeschwindigkeit laufen. Diese Geschwindigkeit wurde aufgrund der Erfahrung der Trainer festgelegt. Nach den ersten 10 Minuten wurde das Laktat gemessen und ebenso nach dem zweiten Lauf. Anhand der Laktatwerte wurde die vermutete Schwellengeschwindigkeit bestätigt oder korrigiert. Dieser Test wurde von uns kürzlich evaluiert; abgesehen von gewissen Abstrichen liefert er ähnliche Resultate wie der 4 x 1000 m-Test [31].

Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Leichtathletik-Verband (SLV)

Das vorliegende Projekt ist in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Leichtathletik-Verband (SLV) entstanden. Die Verantwortlichen waren interessiert, welcher Test bei den Nachwuchsathleten am geeignetsten ist, um zuverlässige und brauchbare Informationen über das Dauerleistungsvermögen zu gewinnen. Seitens des SLV bestand die Auflage, einen Test zu wählen, mit welchem alle Athleten, die im sogenannten «Jugend für Olympia»-Kader figurieren, innerhalb eines halben Tages getestet werden können. Es handelt sich dabei um etwa 40 Athleten und Athletinnen. Der Test sollte Informationen über die Schwellenleistung geben und sinnvolle Trainingsempfehlungen ermöglichen. Die bisher praktizierten Schwellenläufe hatten den Nachteil, dass sie nur die «Erfahrungsschwelle» überprüfen und nur wenig Möglichkeiten bieten für eine sinnvolle Trainingsberatung. Ausserdem kann man damit die maximale Leistungsfähigkeit nicht messen. In der erwähnten Vorstudie wurde die Durchführbarkeit des 4 x 1000 m-Tests nach Held [32] im Vergleich zum bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten sogenannten «Schwellenlauf» überprüft [31]. Im vorliegenden Projekt sollte nun die Aussagekraft sowohl des 4 x 1000 m-Feldtests als auch eines bewährten Labortests auf dem Laufband für die Wettkampfleistung von jugendlichen Spitzenläuferinnen und -läufern überprüft werden.

Fragestellungen des Projekts

1. Welches ist die sportliche Leistungsfähigkeit der besten 14- bis 18-jährigen Mittel- und Langstreckenläufer und -läuferinnen

der Schweiz, dokumentiert am nationalen Kader «Jugend für Olympia 2001»?

2. Wie korrelieren die Standardparameter der Ausdauer-Leistungsdiagnostik der Erwachsenen aus je einem Labor- sowie Feldtest mit der sportlichen Leistungsfähigkeit der 14- bis 18-jährigen Spitzenläufer und -läuferinnen?
3. Welche praktischen Schlüsse lassen sich für die Optimierung der Ausdauer-Leistungsdiagnostik bei 14- bis 18-jährigen Spitzenläufern und -läuferinnen ziehen?

Methode

Untersuchungskollektiv

Zielgruppe dieser Studie sind Jugendliche, Mädchen und Knaben, im Alter von 14 bis 18 Jahren. Die Testpersonen kommen alle aus dem Nachwuchskader «Jugend für Olympia» (JfO) des Schweizerischen Leichtathletik-Verbandes (SLV). Es handelt sich um ein Nachwuchskader, das die besten Athleten in der Schweiz im Jugendbereich zusammenbringt. Aus diesem Sichtungskader haben wir für unsere Studie nur die Mittel- und Langstreckenläufer ausgewählt: 26 Knaben und 23 Mädchen. Die erste Selektion für das Kader erfolgte anhand der Resultate an den Schweizer Meisterschaften in der Leichtathletik und im Cross. Alle Athleten/-innen erhielten eine schriftliche Beschreibung des Projektes, die unterzeichnet zugleich als Konsens zur Teilnahme an der Studie diente. Nur eine Athletin war am Projekt nicht interessiert und lehnte eine Teilnahme von Anfang an ab.

Wettkampfleistung

Bei der Anamnese während der sportärztlichen Untersuchung haben wir, zusätzlich zu den medizinischen Fragen, auch eine genauere Sportanamnese erhoben. Hauptziel war das Erfassen der Bestzeiten des Jahres 2001 auf den verschiedenen Mittel- und Langstreckendistanzen. Es interessierten vor allem die Zeiten über 1500 und 3000 m. Zusätzlich haben wir die Athleten aufgefordert, den gegenwärtigen Leistungszustand zu schätzen, in dem sie ihre am Testtag selbst mögliche Laufzeit über 3000 m abschätzen mussten. Diese wichtige Beurteilung des aktuellen Leistungsvermögens war zusammen mit dem persönlichen Trainer vorzunehmen.

Aus den Laufzeiten der Saison 2001 wurde ein Bestzeitäquivalent über 3000 m berechnet, aufgrund der Wertungstabelle 94 [33] des SLV.

Die Schätzung der am Testtag möglichen 3000 m-Laufzeit und die Berechnung des Bestzeitäquivalents aus der Saison 2001 erlaubten es, sowohl die momentane Leistungsfähigkeit am Testtag als auch das Potenzial im Jahre 2001 bei Hochform zu analysieren. Beide Werte waren nötig, weil fast alle Athleten am Ende ihrer Saison waren; einige kamen sogar nach einer Trainingspause für den Test zu uns. Nur einzelne Athleten waren noch in der Wettkampfphase für die Vorbereitung der Cross-Europameisterschaften im Dezember 2001 in Thun. Diese beiden Werte sind somit die Parameter der Wettkampfleistung – sie werden mit den Resultaten der Leistungstests verglichen.

Studiendesign

Wir haben zwei verschiedene Tests durchgeführt: einen Labortest sowie einen Feldtest. Der Labortest war ein Laktatstufentest auf dem Laufband mit Messung des $VO_2\text{max}$ (Details in Ref. [2]). Der Feldtest war der 4 x 1000 m-Test nach Held [32]. Der Feldtest hat für alle am selben Tag stattgefunden (11. November 2001) und der Labortest innerhalb eines Zeitfensters von 19 Tagen, ebenfalls im November 2001. Am Tag des Labortests wurde auch eine sportärztliche Untersuchung durchgeführt. Zwischen Labortest und Feldtest lagen mindestens zwei Ruhetage.

Laktatstufentest mit VO_2 -max-Messung

Es handelt sich um einen standardisierten Laktatstufentest auf dem Laufband mit gleichzeitiger direkter Messung des Sauerstoffverbrauchs und mit kontinuierlicher Registrierung der Herzfrequenz. Das Testprotokoll ist für alle SOMCs standardisiert [2]: Als Anfangsbelastung haben wir für alle 7.2 km/h gewählt.

Den Athleten wurde das exakte Vorgehen genau erklärt. Sie konnten mit 7.2 km/h während 8 Minuten ohne Maske einlaufen, um sich an das Laufband zu gewöhnen. Anschliessend wurde die Maske zur Atemgasanalyse angelegt. Während 2 Minuten konnten sich die Läufer zuerst in Ruhe und dann weitere 2 Minuten bei 7.2 km/h an die Maske gewöhnen. Nach dieser ersten Phase, bevor der eigentliche Stufentest startete, wurde Blut zur Ruhelaktatbestimmung entnommen. Die Blutentnahme zur Laktatmessung wurde am Ohr durchgeführt. Die Tests wurden von routinierten Untersuchern vorgenommen, die die Sicherheit der Athleten gewährleisten und sie verbal anfeuerten. Als Abbruchkriterien galten die Erschöpfung des Athleten oder der Eindruck des Testleiters, der Athlet hätte die Maximalleistung erreicht.

Der Test wurde nach SOMC-Richtlinien [2] ausgewertet. Neben der VO_2 peak, absolut (l/min) und relativ (ml/min/kg KG), wurden drei weitere Leistungsparameter erfasst. Der erste ist die maximale erreichte Geschwindigkeit (V_{max}). Bei unvollständiger letzter Stufe wurde der gelaufene Anteil prozentual verrechnet. Der zweite Leistungsparameter war die 4-mmol/l-Leistung ($V_{4mol-LB}$), d.h. die Geschwindigkeit bei einem Laktatwert von 4 mmol/l. Drittens haben wir für jeden Athleten die individuelle Schwelle bestimmt ($V_{Schw-LB}$). Als Schwellenkonzept wurde grundsätzlich die 4-mmol/l-Leistung angenommen und diese nach SOMC-Kriterien [2] eventuell nach oben oder nach unten korrigiert.

Die Athleten wurden angewiesen, 2 Tage vor jedem Test keine intensiven Belastungen einzuplanen. Da die Ernährung einen grossen Einfluss auf die Laktatproduktion haben kann, sollte die Ernährung vor jedem Test ähnlich sein. Die Sportler wurden mittels eines Infoblatts informiert, wie sie sich für den Test vorbereiten sollten. Im Prinzip sollte jeder Test so wie ein Wettkampf vorbereitet werden.

4 x 1000 m-Feldtest nach Held

Es handelt sich um einen Feldtest, der grundsätzlich auf jeder ebenen Rundstrecke durchgeführt werden kann. Zur Standardisierung der Laufbedingungen haben wir den Test auf einer 400 m langen Leichtathletikbahn durchgeführt. Die Versuchspersonen mussten viermal eine Strecke von 1000 m mit verschiedenen Geschwindigkeiten absolvieren. Die Intensität wurde mit verbalen, rein qualitativen Beschreibungen vorgegeben. Sie entsprachen den üblichen Intensitäten bei Ausdauertraining. Die Läufer und Läuferinnen sollten die ersten 1000 m in einem lockeren, dann in einem mittleren und einem schnellen Tempo absolvieren. Die vierte und letzte Stufe sollte so schnell wie möglich («voll») gelaufen werden. Zwischen den Stufen gab es 2 Minuten Pause, die für die Blutentnahme zur Laktatmessung und für die Instruktion für die nächste Stufe ausgenutzt wurde. Auch aus diesem Test haben wir drei Leistungsparameter abgeleitet. Die maximale Geschwindigkeit während der letzten Teilstrecke (V_4), die 4-mmol/l-Leistung ($V_{4mol-Fe}$), d.h. die (interpolierte) Geschwindigkeit bei einem Laktatwert von 4 mmol/l, und drittens die individuelle Schwellenleistung ($V_{Schw-Fe}$), erneut gemäss SOMC-Richtlinien. Die Vorbereitung für den 4 x 1000 m-Test sollte genau gleich erfolgen wie beim Laktatstufentest auf dem Laufband. Das heisst keine strengen Belastungen 48 Stunden vor dem Test, normale Diät und genügend Schlaf.

Geräte

Das Laufband war ein H-P-Cosmos®, 2 Meter lang und 75 cm breit. Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich mit einer Polar® Accurex plus™ jede 5. Sekunde gespeichert und nach dem Test via Interface mit dem Programm InShape© 2.11 ausgewertet. Die

Software rechnete die Durchschnittsherzfrequenz in der letzte Minute jeder Stufe aus. Um Interferenzen zwischen den verschiedenen Läufern und Läuferinnen zu vermeiden, haben wir für den Feldtest codierte Sendergurten angewendet.

Die Laktatmessung erfolgte mit einem Ebio®-Plus-Gerät. Das Messprinzip beruht auf einem enzymatisch-amperometrischen Verfahren. Zur Analyse benötigten wir 20 ml Vollblut, das in 1 ml Systemlösung verdünnt und hydrolysiert wird. Die Laktatmessung erfolgte immer unmittelbar nach dem Test

Die spirometrischen Messungen erfolgten mit einem Oxycon® Pro. Die Messung erfolgt nach dem Breath-by-Breath-Prinzip mittels eines TripleV®-Sensors und einer bidirektionalen Turbine mit geringem dynamischem Widerstand. Die Software des Spirometers lieferte alle 30" einen Ausdruck der respiratorischen Durchschnittswerte. Diese Werte wurden mit dem Programm Progress® 2.0 ausgewertet. Das Gerät wird vor jedem Test neu mit Luft aus einer Gasflasche mit bekannter Zusammensetzung geeicht.

Datenauswertung und statistische Methoden

Alle Daten wurden tabellarisch in einer Microsoft-Excel-Datei erfasst. Für die Auswertung haben wir folgende statistische Methoden benützt: Mittelwerte \pm Standardabweichung; grafische Darstellung mittels linearer Regression und Korrelationskoeffizienten nach Pearson; Variationskoeffizient der Differenzen; Normalitätsprüfung nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk.

Resultate

Von den anfänglich rekrutierten 23 Mädchen und 26 Knaben haben am ganzen Projekt 19 Mädchen und 22 Knaben teilgenommen. Eine Athletin hat sich abgemeldet, weil sie an der Studie nicht interessiert war. Eine weitere Athletin konnte wegen gleichzeitigen Arbeitsterminen nicht mitmachen, zwei Athleten konnten wegen Verletzungen an beiden Tests nicht antreten, und zwei Athleten haben aus demselben Grund nur den Laufbandtest gemacht. Eine Athletin konnte wegen Schulproblemen nur am Labortest teilnehmen. Die Werte der letztgenannten Athleten wurden nur für die anthropometrischen Daten und für die Vergleiche Labortest gegenüber Wettkampfleistungen angewendet.

Geschlechtsunterschiede

Die *Tabelle 1* zeigt die Leistungsfähigkeit nach Geschlecht. Die Leistungsfähigkeit kann einerseits anhand der geschätzten 3000 m-Zeit und andererseits anhand des Bestzeitäquivalents über 3000 m beurteilt werden. Die Zeiten wurden in Geschwindigkeiten umgewandelt, um einen besseren Vergleich mit den Testleistungen, ebenfalls in km/h, zu ermöglichen.

Wie zu erwarten, ist die Durchschnittsleistung der Knaben deutlich besser als diejenige der Mädchen. Über 3000 m sind die Knaben ungefähr 2,4-2,6 km/h schneller als die Mädchen. Das bedeutet einen Zeitunterschied von etwa 1'19" (12%). Das Bestzeitäquivalent der Knaben ist um 1 km/h höher als die geschätzte Leistung. Bei den Mädchen ist es ähnlich: das Bestzeitäquivalent ist um 0,8 km/h schneller als die geschätzte Geschwindigkeit. Die durchschnittliche Schwellenleistung ist sowohl auf dem Laufband wie auch im Felde bei den Knaben identisch. Bei den Mädchen ist sie auch sehr ähnlich, mit einer Differenz von 0,1 km/h. V_4 , V_{max} und V_{3000-S} sind sowohl bei den Mädchen wie auch bei den Knaben sehr ähnlich. Die 3000 m-Geschwindigkeiten sind bei den Knaben fast 3 km/h und bei den Mädchen etwa 2 km/h schneller als die Schwellenleistungen oder die 4-mmol-Leistungen. Der Leistungsunterschied widerspiegelt sich auch in der maximalen Sauerstoffaufnahme. Die Knaben haben einen um 12% höheren Wert als die Mädchen.

Die *Tabelle 2* zeigt weitere Charakteristika unseres Untersuchungskollektivs. Die Knaben sind im Durchschnitt 14,4 kg schwerer und 13,2 cm grösser. Der BMI ist bei den Mädchen dementsprechend viel tiefer. Gegenüber der gleichaltrigen «Nor-

		Knaben		Mädchen	
		(n = 24)	SD	(n = 20)	SD
V3000-Best	(Km/h)	20.2	+/- 0.9	17.6	+/- 0.5
V3000-S	(Km/h)	19.2	+/- 0.9	16.8	+/- 0.5
Vmax	(Km/h)	19.0	+/- 1.1	17.0	+/- 1.1
VSchw-LB	(Km/h)	16.3	+/- 0.4	14.6	+/- 1.2
V4mol-LB	(Km/h)	16.7	+/- 1.0	15.1	+/- 1.1
V4	(Km/h)	19.2	+/- 1.0	16.6	+/- 1.2
VSchw-Fe	(Km/h)	16.3	+/- 0.9	14.5	+/- 1.0
V4mol-Fe	(Km/h)	16.1	+/- 1.3	14.6	+/- 0.9
VO2peak	(ml/min/kg KG)	60.1	+/- 3.1	53.6	+/- 0.9

Tabelle 1: Leistungsfähigkeit im Geschlechtsvergleich (Mittelwerte +/- Standardabweichung [SD])

Abkürzungen: V3000-Best = Bestzeitäquivalent über 3000m, ausgedrückt als Geschwindigkeit; V3000-S = geschätzte mögliche Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000m am Testtag; Vmax = maximal erreichte Geschwindigkeit beim Stufentest auf dem Laufband; VSchw-LB = Schwellengeschwindigkeit, geschätzt anhand des Stufentests auf dem Laufband; V4mol-LB = Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4mmol/l beim Stufentest auf dem Laufband; V4 = Geschwindigkeit der vierten Stufe des 4x1000m-Test; VSchw-Fe = Schwellengeschwindigkeit, geschätzt anhand des 4x1000m-Test; V4mol-Fe = Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4mmol/l beim 4x1000m-Test.

	Knaben		Mädchen	
	(n = 24)	SD	(n = 20)	SD
Alter (Jahre)	16.7	+/- 1.4	16.2	+/- 1.3
Grösse (cm)	177.7	+/- 2.2	164.5	+/- 2.2
Gewicht (kg)	63.2	+/- 5.0	48.8	+/- 2.8
BMI (kg/m ²)	20.1	+/- 1.6	18.2	+/- 1.2
Tanner Stadium	4.6	+/- 0.4	4.0	+/- 0.1
Trainingseinheiten/Wo	4.8	+/- 1.4	4.5	+/- 1.1

Tabelle 2: Charakteristika des Untersuchungskollektivs (Mittelwerte +/- Standardabweichung [SD])

malbevölkerung» liegt der Durchschnittswert des BMI der Knaben auf der 50.–60. Perzentile und derjenige der Athletinnen auf der 25. Perzentile [34]. Die Mädchen scheinen gegenüber den Knaben aufgrund der Tanner-Skala in der Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale etwas zurück zu liegen. Diese Beobachtung widerspricht der Tatsache, dass normalerweise in der Normalbevölkerung die Mädchen die Pubertät früher haben als die Knaben.

Bezüglich Trainingsstunden konnten wir keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Knaben feststellen.

Korrelation der Wettkampfleistung mit den verschiedenen Leistungsparametern

Für die Korrelationsanalysen der Leistungsfähigkeit mit den Testparametern wird vor allem die am Testtag als möglich erachtete Laufzeit über 3000 m (V3000-S), die geschätzte «Tagesform» also, verwendet. Tabelle 3 enthält die Zusammenfassung aller Korrelationskoeffizienten zwischen Wettkampfleistung und Testresultaten. Nachfolgend sollen einige speziell interessierende Korrelationen herausgegriffen werden.

VO₂max

Bei steigendem VO₂max wird erwartungsgemäss die Zeit über 3000 m schneller, sowohl die geschätzte Zeit (Abb. 1) wie auch das Bestleistungäquivalent. Die Gesamtkorrelation ist zwar si-

gnifikant ($R = 0,71$; $p < 0,001$). Wenn wir aber wie in *Abbildung 1* Knaben und Mädchen separat auswerten, sehen wir, dass bei den Knaben keine signifikante Korrelation mehr besteht zwischen VO₂max und Wettkampfleistung, bei den Mädchen schon.

Laktatstufentest Laufband

Die drei Leistungsparameter aus dem Laktatstufentest, die maximal erreichte Geschwindigkeit (Vmax), die individuelle Schwellenleistung (VSchw-LB) und die 4mmol-Leistung (V4mol-LB) zeigen alle eine hochsignifikante Korrelation mit der Wettkampfleistung, wenn wir die beiden Geschlechter zusammen beurteilen. Die beste Korrelation finden wir zwischen Vmax und der geschätzten 3000 m-Geschwindigkeit. Wie schon bei VO₂peak verhalten sich Knaben und Mädchen unterschiedlich. Wenn wir die beiden Gruppen separat beurteilen, sehen wir, dass bei den Mädchen die Korrelationen von allen Leistungsparametern immer noch signifikant sind ($r = 0,57-0,68$; $p < 0,01$). Im Gegensatz dazu ist bei den Knaben nur zwischen Vmax und der geschätzten 3000 m-Geschwindigkeit eine knapp signifikante Korrelation vorhanden. Die Bestleistung über 3000 m zeigt deutlich weniger gute Korrelationen mit den drei Leistungsparametern. Die *Abbildungen 2-4* zeigen die geschlechtsspezifischen Diagramme mit der Regressionsgeraden zwischen der geschätzten 3000 m-Leistung am Testtag und den drei genannten Laktatparametern. Bei den Knaben wird die 3000 m-Zeit mit der Vmax etwas unterschätzt, bei den Mädchen etwas überschätzt.

		Mädchen		Knaben		Beide	
		V3000-S	V3000-Best	V3000-S	V3000-Best	V3000-S	V3000-Best
Laufband	Vmax	0.68***	0.46*	0.42*	0.01	0.88***	0.69***
	V4mol-LB	0.57**	0.12	0.25	0.10	0.67***	0.52***
	VSchw-LB	0.62**	0.31	0.38	0.09	0.73***	0.58***
Ventilatorische Werte	VO2peak-rel	0.77***	0.61**	<0.01	0.09	0.71***	0.70***
	VO2peak-abs	0.11	0.41	0.30	0.44*	0.80***	0.86***
Feldtest	V4	0.53**	0.41	0.55**	0.46*	0.83***	0.83***
	V4mol-Fe	0.57**	0.25	0.43*	0.16	0.67***	0.56***
	VSchw-Fe	0.58**	0.40	0.60**	0.26	0.80***	0.70***

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten zwischen Wettkampfleistungen (V3000-S und V3000-Best) und Testresultaten

* = p<0.05; ** = p<0.01; *** = p<0.001

Abkürzungen: V3000-S = Geschätzte mögliche Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000m am Testtag; V3000-Best = Bestzeitäquivalent über 3000m, ausgedrückt als Geschwindigkeit; Vmax = maximal erreichte Geschwindigkeit beim Stufentest auf dem Laufband; V4mol-LB = Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4mmol/l beim Stufentest auf dem Laufband; VSchw-LB = Schwellengeschwindigkeit, geschätzt anhand des Stufentests auf dem Laufband; V4 = Geschwindigkeit der vierten Stufe des 4x1000m-Test; V4mol-Fe = Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4mmol/l beim 4x1000m-Test; VSchw-Fe = Schwellengeschwindigkeit, geschätzt anhand des 4x1000m-Test.

4 x 1000 m-Feldtest

Die drei Hauptparameter aus dem Feldtest sind Geschwindigkeit auf der letzten Stufe (V4), die 4mmol-Leistung (V4mol-Fe) und die individuelle Schwellenleistung (VSchw-Fe). Alle drei Parameter zeigen eine hochsignifikante Korrelation mit der Wettkampfleistung, wenn wir die Mädchen und die Knaben zusammen beurteilen. Die beste Korrelation finden wir zwischen V4 und geschätzter 3000 m-Geschwindigkeit (R = 0,83; p < 0,001). Wenn wir beide Geschlechter getrennt beurteilen, haben wir immer noch signifikante bis sehr signifikante Korrelationen mit den Leistungsparametern. Vor allem V4 und V-Schw-Fe zeigen Korrelationen zwischen 0,53 und 0,60. Die Bestleistung über 3000 m zeigt eine deutlich weniger gute Korrelationen mit den drei Leistungsparametern. Die Abbildungen 5–7 zeigen die geschlechtsspezifischen Diagramme mit der Regressionsgeraden zwischen der geschätzten 3000 m-Geschwindigkeit und den drei Leistungsparametern V4, VSchw-Fe und V4mol-Fe. Die maximale Geschwindigkeit im Feldtest (V4) ist der geschätzten Geschwindigkeit über 3000 m sehr ähnlich (Abb. 5).

Tabelle 3 zeigt auch, dass die Mädchen eher signifikante Korrelationen haben als die Knaben. Die zwei Wettkampfleistungen zeigen auch nicht eine gleich gute Korrelation mit den Leistungsparametern aus den Leistungstests. Die geschätzte Wettkampfleistung korreliert besser. Die beste Korrelationen von einzelnen Leistungsparametern sowohl bei den Knaben wie bei den Mädchen sind bei beiden Tests die maximal erreichten Geschwindigkeiten. Zusammenfassend sind die Korrelationen des Feldtests jedoch tendenziell besser als diejenige des Laufbandtests.

Interkorrelation zwischen 4 x 1000 m-Test und Laktatstufentest

Die individuelle Schwellenleistung und die 4 mmol/l-Leistung sind zwei Leistungsparameter, die eigentlich testunabhängig jeweils gleich sein sollten. Aus diesen Leistungsparametern werden ja die Trainingsempfehlungen abgeleitet. Ausserdem würden wir erwarten, dass auch die Maximalgeschwindigkeiten im 4 x 1000 m-Test sowie im Laktatstufentest auf dem Laufband gleich ausfallen, da ja die Belastungszeit sehr ähnlich ist. In der Tat ist die Korrelation dieser Parameter höchst signifikant (r um 0,85) und insbesondere die Schwellenleistung zeigt im Durch-

schnitt keinen Unterschied, ob im Labor oder im Feld bestimmt. Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte der gepaarten Differenzen und die dazugehörigen Variationskoeffizienten.

Diskussion

Repräsentativität des Untersuchungskollektivs

Wir haben eine sehr selektionierte Population von Läuferinnen und Läufern untersucht. Es sind Athleten, die einem nationalen Nachwuchskader angehören und den Sprung ins Juniorennationalteam und später in die Nationalmannschaft anstreben. Um in dieses Kader zu kommen, müssen sie die vom Schweizerischen Leichtathletik-Verband fixierten Richtlinien erfüllen. Es gibt im Prinzip keine Mindest- oder Höchstzahl von Athleten/innen, die ins Kader eintreten können. Deswegen haben wir nicht in jedem Alter die gleiche Anzahl von Knaben oder Mädchen. Diese Vorselektion hat als Konsequenz, dass wir unter Umständen keine repräsentative Population für alle jugendlichen Mittel- und Langstreckenläufer der Schweiz haben, sondern eher einen Querschnitt des aktuellen Standes im Nachwuchsbereich. Trotz diesen Einschränkungen können wir einige valable Aussagen machen über das Niveau des Laufnachwuchses in unserem Lande sowie über den Nutzen von bestimmten Tests in diesem Alter.

Korrelation zwischen der individuellen Leistungsfähigkeit und den untersuchten Testparametern

Hauptziel unserer Studie war die Überprüfung der Korrelation zwischen Testresultaten und Wettkampfleistung. Faktoren wie

	Knaben		Mädchen		Beiden	
	Mittelwert +/-	CV	Mittelwert +/-	CV	Mittelwert +/-	CV
Vmax – V4	-0.3 +/-	5.8%	0.3 +/-	4.2%	0.0 +/-	5.5%
VSchw: LB - Feld	0.0 +/-	5.5%	-0.1 +/-	3.4%	0.0 +/-	4.5%

Tabelle 4: Gepaarte Differenzen und Variationskoeffizient der in den beiden Leistungstests erreichten Maximalgeschwindigkeiten sowie Schwellengeschwindigkeiten

Abbildung 1: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und maximaler Sauerstoffaufnahme (VO₂peak, relativ) nach Geschlecht (R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)

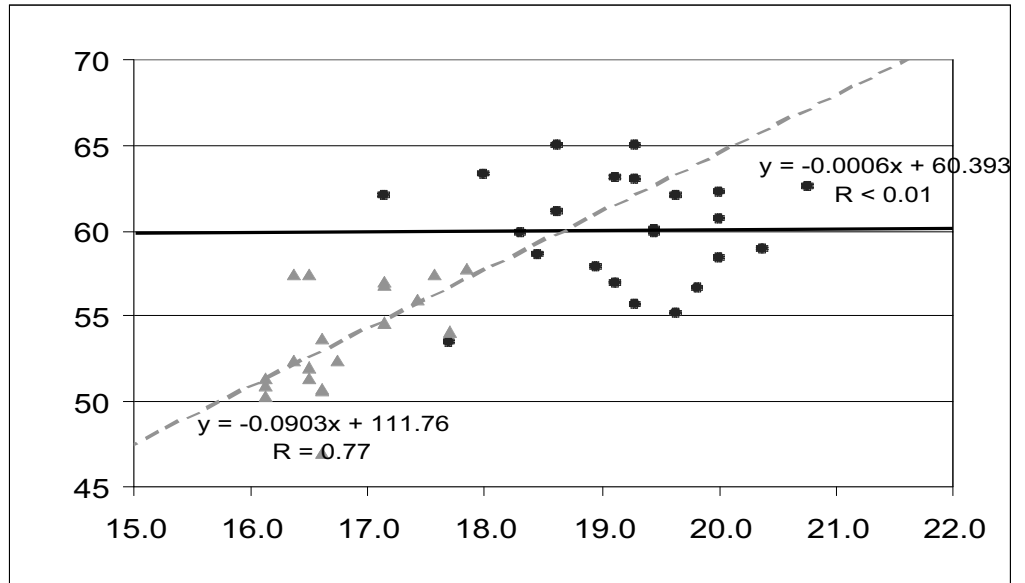


Abbildung 2: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und maximal erreichter Geschwindigkeit beim Stufentest auf dem Laufband (Vmax) nach Geschlecht (R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)

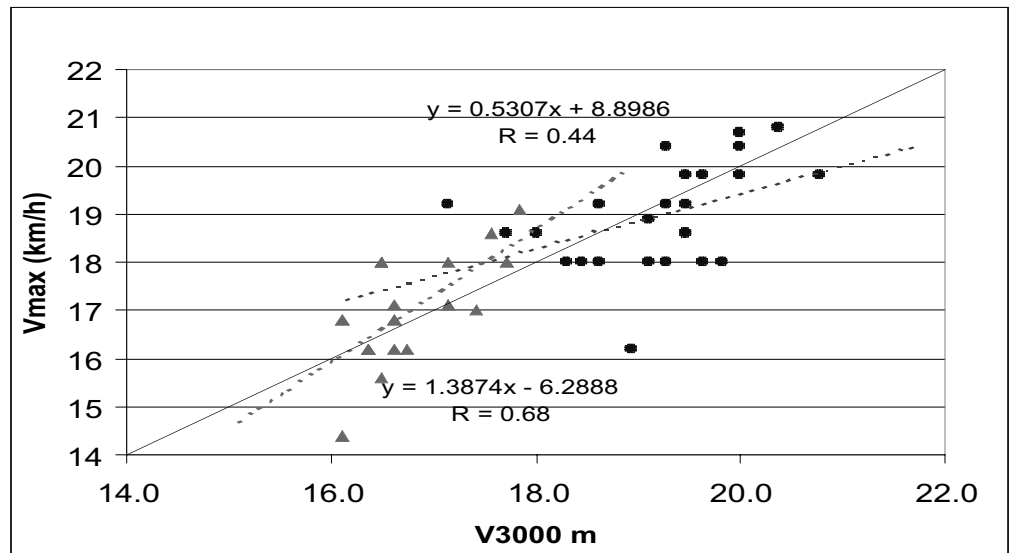
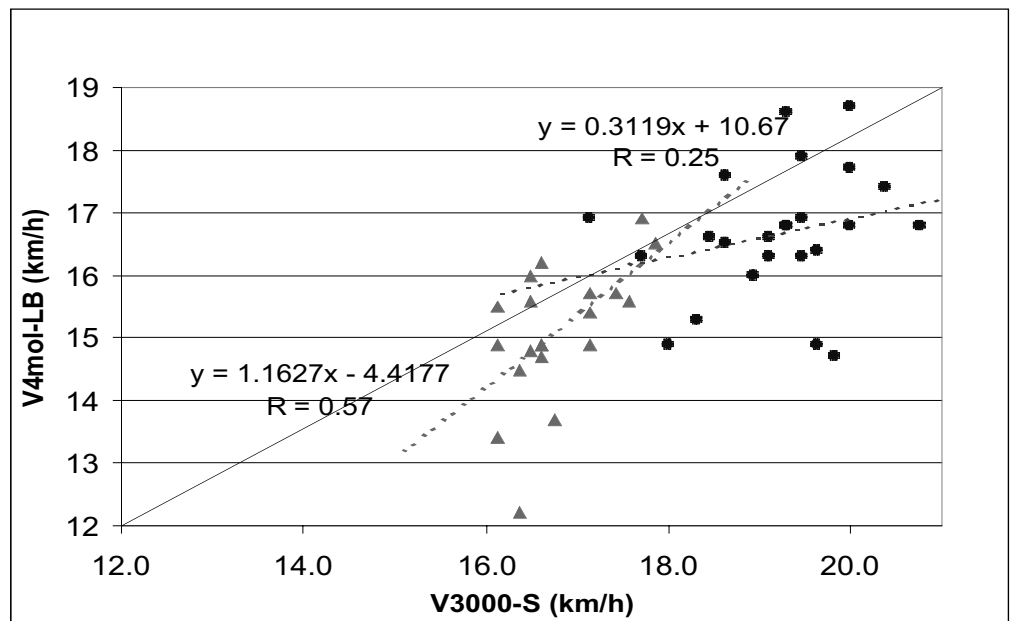


Abbildung 3: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und der Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4 mmol/l beim Stufentest auf dem Laufband (V4 mol-LB) nach Geschlecht (R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)



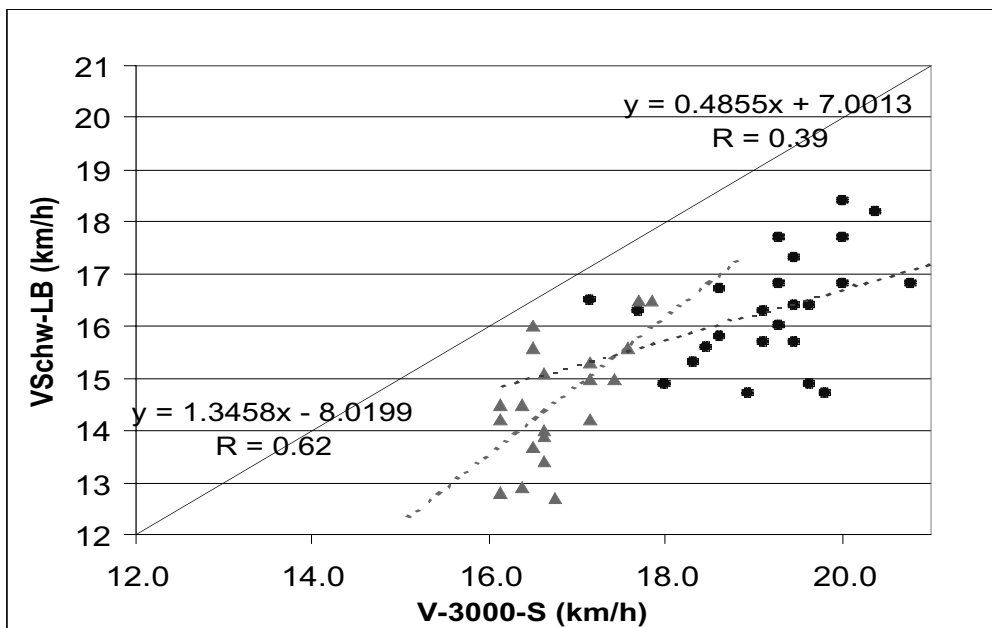


Abbildung 4: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und der im Stufentest auf dem Laufband geschätzten Schwellengeschwindigkeit (Vschw-LB) nach Geschlecht
(R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)

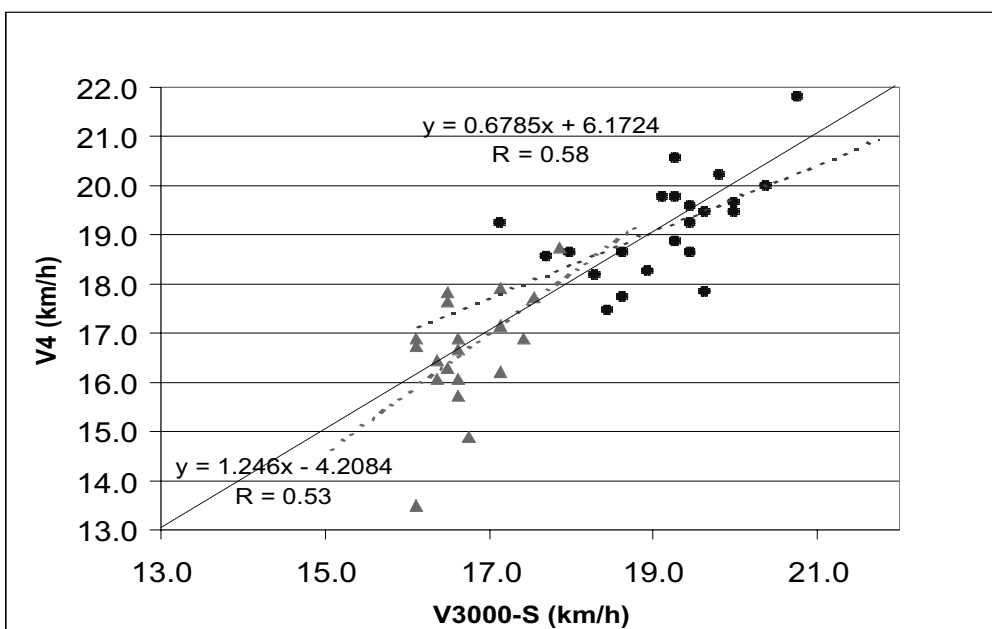


Abbildung 5: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und der Geschwindigkeit der vierten Stufe des 4x1000 m-Tests (V4) nach Geschlecht
(R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)

Motivation und Planung der Höchstform sind für eine Studie nicht steuerbar. Die Planung der Saison ist nicht bei jedem Athleten gleich, und sehr wenige würden einen Wettkampf nur aus Studienrunden bestreiten. Aus diesem Grund wurde auf einen zusätzlichen Wettkampf verzichtet und als Referenzwert die Bestleistung der Saison 2001 genommen. Nicht alle Athleten/innen bestreiten dieselben Wettkämpfe oder dieselben Distanzen. Die Saison ist von jedem einzelnen Läufer und jeder einzelnen Läuferin individuell geplant. Ausserdem gibt es im Untersuchungskollektiv sowohl Mittel- wie auch Langstreckenläufer/innen. Deswegen musste mit Hilfe von Tabellen ein Bestzeitäquivalent für die 3000 m-Distanz errechnet werden, um ein einheitliches Wettkampfergebnis zu haben. Zusätzlich haben wir versucht, das aktuelle Leistungsvermögen anhand einer Schätzung der am Testtag möglichen 3000 m-Zeit zu objektivieren. Diese Schätzung wurde von den Athleten/innen zusammen mit dem Trainer gemacht. Die Regressionsfunktion dieser beiden Zeiten hat einen parallelen Verlauf und eine sehr gute Korrelation. Die auf eine Distanz von 3000 m umgerechneten Bestzeiten aus der Saison 2001 sind schneller als die am Testtag geschätzte mögliche Zeit über 3000 m. Dieser Unterschied ist auch zu erwarten; er bestätigt indirekt, dass

die Methode, die wir für die Bestimmung der Wettkampfleistung benutzt haben, nicht grundfalsch ist. Der Unterschied zwischen den zwei Zeiten betrug etwa 30-40 Sekunden und erscheint in etwa plausibel.

Die beste geschlechtsspezifische Korrelation zwischen den Testresultaten und den Wettkampfleistungen hatten wir zwischen Schwellenleistung und V4 im 4x1000m-Test und der Schätzung der 3000 m-Laufzeit am Testtag. Dies ist ein wichtiger Befund, weil er uns zeigt, dass der Feldtest gegenüber dem Labortest mindestens so gut, wenn nicht sogar überlegen ist. Bei den Knaben hatten wir in den Labortests lediglich eine knapp signifikante Korrelation ($r=0,42$) zwischen V_{max} und der geschätzten 3000 m-Zeit. Im 4 x 1000 m-Test hingegen hatten wir eine hoch signifikante Korrelation zwischen der geschätzten 3000 m-Zeit und V4 bzw. Vschw-Fe sowohl bei den Mädchen wie auch bei den Knaben.

Vergleich mit anderen Studien

Es gibt sehr wenige Untersuchungen, die in diesem Altersabschnitt die gegenseitige Abhängigkeit von Feldtests, Labortests und Wettkampfleistungen untersuchten. Eine frühere Arbeit mit erwachsenen Läufern und Läuferinnen mit ähnlichem Leistungsvermögen

Abbildung 6: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und der Geschwindigkeit bei einem Blutlaktat von 4 mmol/l beim 4 x 1000 m-Test (V4mol-Fe) nach Geschlecht (R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)

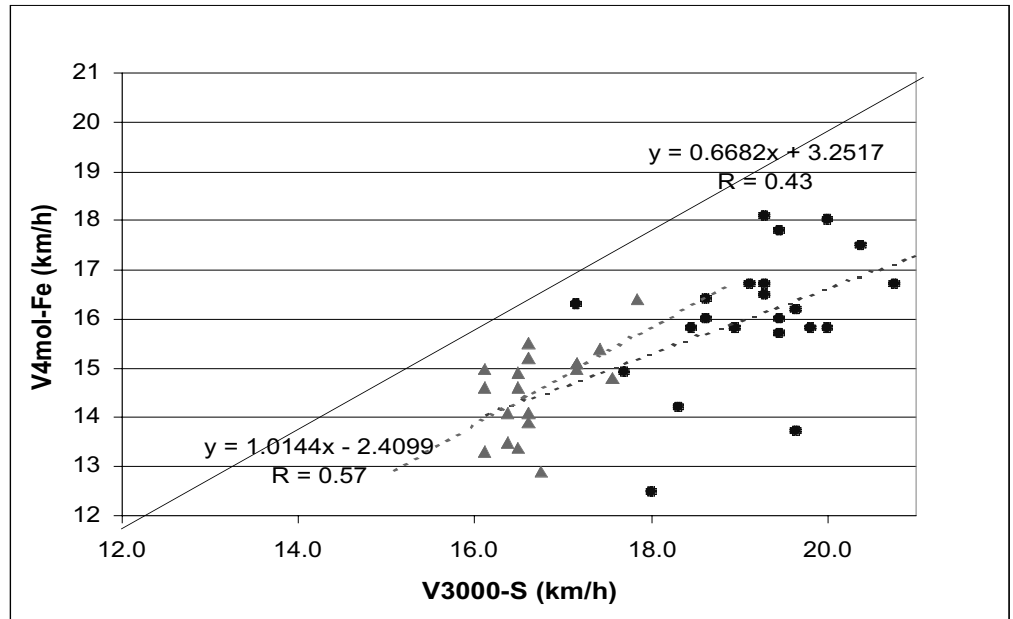
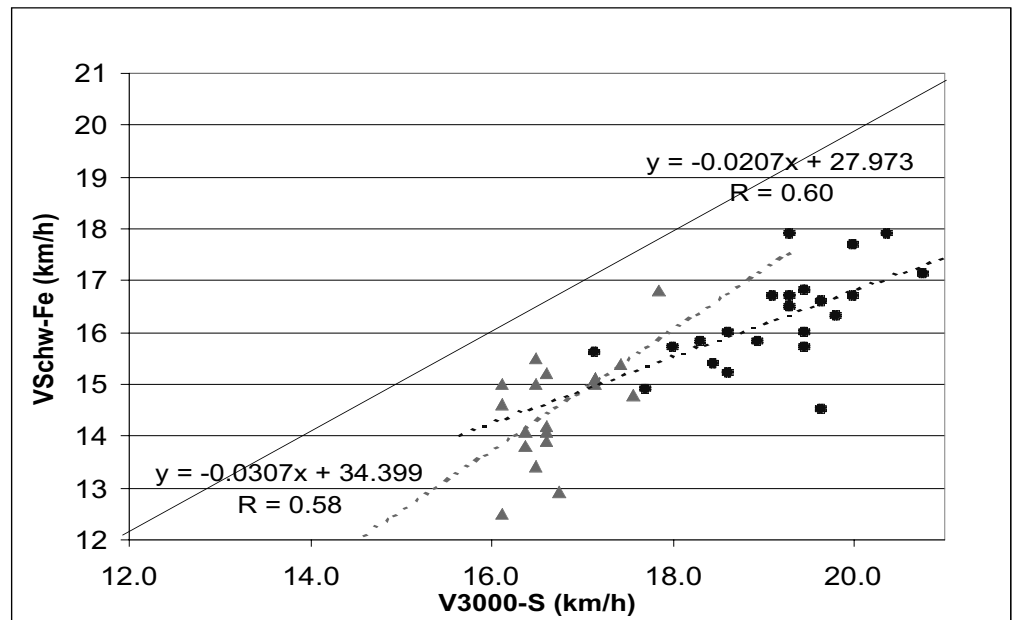


Abbildung 7: Korrelation zwischen geschätzter möglicher Durchschnittsgeschwindigkeit über 3000 m am Testtag (V3000-S) und der im 4 x 1000 m-Test geschätzten Schwellengeschwindigkeit (VSchw-Fe) nach Geschlecht (R: Pearson Korrelationskoeffizient -----: Regressionsgerade; ● Knaben; ▲ Mädchen)



hatte gezeigt, wie Feldtests (12-Minuten-Lauf, Conconi-Test) mindestens so gute, wenn nicht gar bessere Korrelationen mit der Wettkampfleistung über 15 km ergeben als die VO₂max und die 4-mmol/l-Leistung [19]. Auch der 20 m-Shuttle-run-Test zeigte bei einer heterogenen Gruppe von erwachsenen Läufern eine sehr gute Korrelation mit einem 10 km-Lauf [29].

Es gibt kaum Studien, die die Korrelationen zwischen Wettkampfergebnissen und Testresultaten bei jugendlichen Spitzensportlern untersuchten. Die Korrelationen zwischen VO₂max und Wettkampfleistungen zeigen vor allem dann hohe Werte, wenn man breite Kollektive untersucht. Bei relativ homogenen Populationen, zum Beispiel ähnlich guten Spitzenathleten, sind die Korrelationen weniger gut [35]. Es wurde gezeigt, wie bei Kindern vor der Pubertät die VO₂max ein guter Leistungsparameter ist, um die Zeit eines 3000 m-Laufs grob zu schätzen. Auch die ventilatorische Schwelle, definiert als Zunahme von Ve/VO₂ ohne Veränderung von Ve/VCO₂, zeigte eine sehr gute Korrelation mit dem 3000 m-Lauf [36]. Eine weitere Studie ergab bei High-School-Mädchen ebenfalls eine höchst signifikante Korrelation von VO₂max und ventilatorischer Schwelle mit einer 5000 m-Laufzeit [35]. Andere Studien mit Erwachsenen haben ausserdem gezeigt, wie die

VO₂max nicht der beste Prädiktor für die Wettkampfleistung ist. Die Laktatschwelle, meistens definiert als Laktatanstieg über der Baseline, die 4mmol/l-Leistung oder die Vmax (maximal erreichte Geschwindigkeit bei einem Laufbandtest) besitzen eine bessere Korrelation [37-40]. Unsere Athleten und Athletinnen sind leistungsmässig sehr nahe beieinander. Im Labor wiesen sie aber ein breites Spektrum von VO₂peak-Werten auf; das bedeutet, dass die Wettkampfleistung auch von anderen Faktoren abhängt. Die Ausschöpfung von VO₂max, d.h. die Fähigkeit, für längere Zeit so nahe wie möglich an der VO₂max zu laufen, und die Laufökonomie spielen auch eine gewisse Rolle [7]. Es wurde auch nachgewiesen, wie mit zunehmendem Alter die VO₂max (ausgedrückt pro Kilogramm Körpergewicht) sich nicht verändert, wohl aber die Laufökonomie, definiert als VO₂ (ml/kg/min) bei einer submaximalen Laufgeschwindigkeit, ständig besser wird, gleichzeitig verbunden mit einer Verbesserung der Wettkampfzeiten über 1 und 2 Meilen [41]. Andere Autoren haben ähnliche Resultate gefunden [42]. Interessanterweise verbessert sich bei Kindern und Adoleszenten die Laufökonomie unabhängig davon, ob man trainiert oder nicht. Es ist aber möglich, diese Verbesserung durch langjähriges Training zu fördern [43].

Labor vs. Feldsituation

Warum der relativ simple, wenig aufwändige Feldtest tendenziell bessere Korrelationen mit der Wettkampfleistung zeigte als der hochstandardisierte und auch «teure» Labortest, ist schwer zu erklären. Viele Athleten haben zum ersten Mal einen Laufbandstufentest gemacht, und die ungewohnte Situation könnte dazu geführt haben, dass auf dem Laufband nicht immer die maximale Leistung erreicht wurde. Ausserdem waren die Bedingungen zusätzlich erschwert durch die Maske, die zur Messung der Sauerstoffaufnahme diente. Die Feldtest-Bedingungen waren aus verschiedenen Gründen näher an einer Wettkampfsituation. Erstens findet er auf einer Leichtathletikbahn statt, mit der jeder Athlet und jede Athletin vertraut ist. Ausserdem haben wir alle Athleten/innen am gleichen Tag getestet, was natürlich zu einer gewisser Konkurrenz geführt hat. Zusätzlich fand der Test bei einem Trainingszusammenzug des Kaders statt, wo die Athleten zum Teil erstmals mit den Nationaltrainern in Kontakt kamen und dementsprechend einen guten Eindruck hinterlassen wollten.

Die Leistungsdiagnostik im Jugendalter bleibt heikel. Neben den Trainingseffekten gibt es auch Veränderungen, die schon nur mit der Altersentwicklung zu erklären sind. Bevor man in diesem Alter mit aufwändiger Leistungsdiagnostik beginnt, sollte man sich gut überlegen, ob mit einfacheren Tests nicht dasselbe oder sogar bessere Resultate erzielt werden können.

Um die Aussagekraft eines Tests zu beurteilen, genügt es indessen nicht, nur die Korrelationen nach Pearson zu rechnen, weil das noch nicht sagt, wie genau dieser Test ist und wie stark die Resultate des Tests gegenüber z.B. der Wettkampfleistung streuen. Dazu dient der Variationskoeffizient (CV). Gemäss diesen hier nicht im Detail publizierten Ergebnissen (vgl. Tab. 4) hat die individuell angepasste Schwellenleistung im Feld den niedrigsten CV in Relation zur Wettkampfleistung. Aber er ist mit 5,2% bei den Mädchen und 5,1% bei den Knaben immer noch relativ hoch. Für einen Läufer, der die Schwelle bei 16 km/h hat, bedeutet das $\pm 0,4$ km/h, was für einen Spitzensportler recht viel ist. Auf dem Laufband ist der CV für die Schwellenleistung noch eine Spur grösser: Mädchen 6,0%, Knaben 5,9%. Obwohl man mit den Leistungstests immer hofft, einen absoluten Wert für die Leistungsfähigkeit eines Athleten zu bekommen, ist dies leider kaum möglich. Zu viele Faktoren spielen eine Rolle, und im Jugendalter kommen – wie diskutiert – noch einige dazu!

Schlussbetrachtungen

Die beste Korrelation zwischen den Parametern aus den beiden Leistungstests, Laktatstufentest sowie 4 x 1000 m-Test, und der Wettkampfleistung, ausgedrückt als Bestleistung 2001 und geschätzter Leistung über 3000 m am Testtag, resultierte mit dem Lauf tempo aus der letzten Stufe des Feldtests. Auch die Schätzung der anaeroben Schwelle im Feldtest ergab eine gute Korrelation mit den Wettkampfergebnissen (r zwischen 0,7 und 0,8). Wichtig ist, dass auch geschlechtsspezifisch die Korrelationen immer noch signifikant waren, mit Koeffizienten zwischen 0,55 und 0,6. Die Korrelationen der Wettkampfleistung mit der Schwellenleistung im Laktatstufentest lagen tendenziell tiefer (r um 0,4 bis 0,6), diejenigen zwischen der Wettkampfleistung und VO_2 max deutlich tiefer (r zwischen 0,1 und 0,6). Diese Befunde zeigen, dass der Feldtest mindestens so gut, wenn nicht besser als der Labortest ist. Diese Studie illustriert aber auch, wie heikel die Leistungsdiagnostik im Jugendalter ist. Die Testresultate korrelieren zwar recht gut mit der Wettkampfleistung, aber die Streuung ist immer noch relativ gross. Das heisst, dass die Resultate immer individuell für jeden Athlet und jede Athletin interpretiert werden müssen. In die Beurteilung muss immer auch die Eigenerfahrung des Testleiters sowie diejenige des Trainers einbezogen werden.

Es scheint wichtig und empfehlenswert, *maximale* Leistungstests durchzuführen. Wir haben hier gezeigt, wie die maximalen Geschwindigkeiten die besten Korrelationen mit der Wettkampfleistung aufwiesen.

Aufgrund unserer Resultate ist der 4 x 1000 m-Test bei jugendlichen Ausdauerathleten und Athletinnen gegenüber den Laktatstufentest eher zu bevorzugen. Die Korrelation mit der Wettkampfleistung ist tendenziell besser, und ausserdem ist der Feldtest einfacher durchzuführen als der Labortest. Man kann mehrere Läufer gleichzeitig testen, und es sind keine teuren Geräte nötig.

Der Nutzen einer Messung des Sauerstoffverbrauches in der Leistungsdiagnostik bleibt insbesondere auch im Nachwuchsalter umstritten. VO_2 max oder VO_2 peak sind sicher nicht die einzigen Leistungsfaktoren, die für den Erfolg im Wettkampf verantwortlich sind. In unseren Daten korrelierte bei den Knaben die Sauerstoffaufnahme nicht mit der Wettkampfleistung. Bei den Mädchen gab es hingegen eine signifikante Korrelation zwischen VO_2 peak und Wettkampfleistung. Aber auch hier macht die grosse Streuung der Resultate diese Werte in der Praxis nicht leicht anwendbar. Aus diesem Grund raten wir von einer routinemässigen Messung des Sauerstoffverbrauches in der Leistungsdiagnostik Jugendlicher eher ab. Die Leistungsdiagnostik bei jugendlichen Athleten und Athletinnen ist sicher ein Gebiet, das noch weiterer Forschungsarbeit bedarf. Insbesondere Fragen über die Entwicklung der Leistungsfaktoren mit dem Alter sowie deren Trainierbarkeit sind noch weitgehend ungeklärt.

Dank

Die Autoren danken Bruno Kunz und Peter Schläpfer vom Schweizerischen Leichtathletik-Verband für die gute Zusammenarbeit, Dr. med. Markus Tschopp und Dr. med. Peter Züst für die fachliche Unterstützung, Maria Keiser, Anita Leuenberger, Manuela Pflugi und ihren Mitarbeiterinnen für die organisatorisch-administrative Begleitung und, «last but not least», allen jungen Athletinnen und Athleten für das begeisterte Mitmachen.

Kontaktadresse:

Bernard Marti, Prof. Dr. med., SWI BASPO, 2532 Magglingen.
E-Mail: bernard.marti@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

- 1 Rickli S.: Qualitätssicherung in der sportmedizinischen Betreuung: Schlussbericht über einen Leistungsauftrag des Schweizerischen Olympischen Verbandes. 1999, Swiss Olympic Medical Center: Magglingen. 1–54.
- 2 Tschopp M.: Manual «Leistungsdiagnostik Ausdauer». Leistungsauftrag des Schweizerischen Olympischen Verbandes. 2000, Swiss Olympic Medical Center: Magglingen. 1–39.
- 3 Tschopp M.: Manual «Leistungsdiagnostik Kraft». Leistungsauftrag von Swiss Olympic. 2001: Magglingen. 1–61.
- 4 Pate R.R. et al.: Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1992. 24(10): 1128–33.
- 5 Fournier, M. et al.: Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1982. 14(6): 453–6.
- 6 Naughton G. et al.: Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports. Med.*, 2000. 30(5): 309–25.
- 7 Boutellier U., Spengler C.: VO_2 max als Mass für die Ausdauerfähigkeit? *Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraum.*, 1999. 47(3): 118–122.
- 8 Howley E.T., Bassett D.R., Welch Jr., and H.G.: Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1995. 27(9): 1292–301.
- 9 Rowland T.W., Cunningham L.N.: Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. *Chest*, 1992. 101(2): 485–9.
- 10 Armstrong N., Welsman J., Winsley R.: Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness? *Int. J. Sports. Med.*, 1996. 17(5): 356–9.
- 11 Rowland T.W.: Does peak VO_2 reflect VO_2 max in children?: evidence from supramaximal testing. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1993. 25(6): 689–93.
- 12 Armstrong N. et al.: The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 1991. 62(5): 369–75.

- 13 *Armstrong N., Welsman J.R., Kirby B.J.*: Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1998. 30(1): 165–9.
- 14 *Kemper H.C. Verschuur R.*: Maximal aerobic power in 13- and 14-year-old teenagers in relation to biologic age. *Int. J. Sports. Med.*, 1981. 2(2): 97–100.
- 15 *Winter E.M.*: Scaling: Partitioning out differences in size. *Ped. Exerc. Sci.*, 1992. 4: 296–301.
- 16 *Welsman J.R. et al.*: Scaling peak VO_2 for differences in body size. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1996. 28(2): 259–65.
- 17 *Tanner J.M.*: Fallacy of per-weight and per-surface area standards and their relation to spurious correlation. *J. Appl. Physiol.*, 1949. 2(1): 1–15.
- 18 *Allen W.K. et al.*: Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. *J. Appl. Physiol.*, 1985. 58(4): 1281–4.
- 19 *Clévin G.E.*: Prädiktiver Wert von vier unterschiedlich aufwändigen Ausdauertests für die 15 km-Wettkampfleistung von Frauen und Männern mit ähnlichen Dauerleistungsvermögen, in Sportwissenschaftliches Institut Magglingen; Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Forschungsstelle für Sportphysiologie. 1997, Universität Zürich. 1–35.
- 20 *Cumming G.R. et al.*: High Serum Lactates do occur in Young Children after Maximal Work. *Int. J. Sports Med.*, 1980. 1: 66–69.
- 21 *Williams J.R., Armstrong N.*: The influence of age and sexual maturation on children's blood lactate response to exercise. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 1991. 3: p. 111–120.
- 22 *Beneke R. et al.*: Maximal lactate steady state during the second decade of age. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1996. 28(12): 1474–78.
- 23 *Lehmann M., Keul J., Korsten-Reck U.*: [The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults]. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 1981. 47(3): 301–11.
- 24 *Cooper K.H.*: A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *Jama*, 1968. 203(3): 201–4.
- 25 *Conconi F. et al.*: Determination of the anaerobic threshold by noninvasive test in runners. *J. Appl. Physiol.*, 1982. 52: 869–73.
- 26 *Leger L.A., Lambert J.*: A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2max . *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 1982. 49(1): 1–12.
- 27 *Leger L.A. et al.*: The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports. Sci.*, 1988. 6(2): 93–101.
- 28 *van Mechelen W., Hlobil H., Kemper H.C.*: Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 1986. 55(5): 503–6.
- 29 *Paliczka V.J., Nichols A.K., Boreham C.A.*: A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br. J. Sports. Med.*, 1987. 21(4): 163–5.
- 30 *Michaud P.-A. et al.*: Sports activity, physical activity and fitness of 9- to 19-year-old teenagers in the canton Vaud (Switzerland). *Schweiz. Med. Wochenschr.*, 1999. 129: 691–99.
- 31 *Wehrlin J., Held T., Marti B.*: Vergleich von zwei Feldtests zur Schätzung der anaeroben Schwelle bei jugendlichen Spitzenläufern. *Schweiz. Zeitsch. Sportmed. Sporttraumat.*, 2001. 49(4): 173–75.
- 32 *Held T. et al.*: Selbst gewählte submaximale Laufgeschwindigkeiten als Prädiktoren des Dauerleistungsvermögens. *Schweiz. Zeitsch. Sportmed. Sporttraumat.*, 2000. 48: 64–69.
- 33 *Kunz H.*: Wertungstabelle 94. 1994: Schweizerischer Leichtathletik-Verband.
- 34 *Prader A. et al.*: Physical growth of Swiss children from birth to 20 years of age. *Helvetica Paediatrica Acta*, 1989. 43(5/6): S1–125.
- 35 *Cunningham L.N.*: Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 1990. 61(4): 369–74.
- 36 *Unnithan V.B. et al.*: Physiologic correlates to running performance in pre-pubescent distance runners. *Int. J. Sports. Med.*, 1995. 16(8): 528–33.
- 37 *Yoshida T. et al.*: Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners. *J. Sports. Sci.*, 1993. 11(1): 57–62.
- 38 *Grant S. et al.*: The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J. Sports. Sci.*, 1997. 15(4): 403–10.
- 39 *Tanaka K. et al.*: A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1984. 16(3): 278–82.
- 40 *Noakes T.D., Myburgh K.H., Schall R.*: Peak treadmill running velocity during the VO_2max test predicts running performance. *J. Sports. Sci.*, 1990. 8(1): 35–45.
- 41 *Daniels J. et al.*: Differences and changes in VO_2 among young runners 10 to 18 years of age. *Med. Sci. Sports.*, 1978. 10(3): 200–3.
- 42 *Krahenbuhl G.S., Morgan D.W., Pangrazi R.P.*: Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *Int. J. Sports. Med.*, 1989. 10(2): 92–6.
- 43 *Krahenbuhl G.S., Williams T.J.*: Running economy: changes with age during childhood and adolescence. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1992. 24(4): 462–6.