Platzer HP, Raschner C, Patterson C

Beziehung zwischen sportmotorischen Parametern und der Leistung beim Freistilschwimmen

Relationship between Physical Fitness and Freestyle Swimming Performance

Institut für Sportwissenschaft der Universität Innsbruck, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Gegenstand der Studie war es, eine Testbatterie für Schwimmer zu entwickeln und zu überprüfen, welche Beziehung zwischen physischen Voraussetzungen und verschiedenen Distanzen im Freistilschwimmen besteht.
Methoden: 15 männliche (Alter 17,1 ± 1,8 Jahre; Größe 180 ± 8 cm; Gewicht 69,5 ± 10,0 kg) und 15 weibliche (Alter 17,0 ± 1,9 Jahre; Größe 168 ± 6 cm; Gewicht 59,8 ± 6,8 kg) Nachwuchsschwimmer haben sich den Tests unterzogen. Die Testbatterie beinhaltete Tests zur Überprüfung des Gleichgewichts, der Beweglichkeit, der zyklischen Schnelligkeit, der Bein-, Rumpf- und Sprungkraft, und der Kraft beim Bankziehen und Bankdrücken. Außerdem fand noch ein schwimmspezifischer Test im Labor statt. Die Testergebnisse wurden mit den Schwimmzeiten über 50, 100 und 400 m Freistil korreliert.
Ergebnisse: Korrelationen konnten bis auf das Gleichgewicht und die Beweglichkeit zwischen allen Testvariablen und den Schwimmzeiten festgestellt werden (r = -0,526 bis r = -0,829). Bei den Jungen konnte die Testbatterie 68,7 %, 72,9 % und 62,5 % der Varianz der Schwimmzeiten über jeweils 50, 100 und 400 m Freistil erklären. Bei den Mädchen konnte die Testbatterie 51,3 % und 56,2 % der Varianz der Schwimmzeiten über jeweils 50 und 100 m Freistil erklären. Die multiple Regression lieferte kein Ergebnis für die 400 m Freistil der Mädchen.
Diskussion: Die Beziehung zwischen den Parametern dieser Testbatterie und der Schwimmleistung nimmt tendenziell mit Zunahme der geschwommenen Strecke ab. Für Jungen scheinen Kraftfähigkeiten beim Freistilschwimmen wichtiger zu sein als für Mädchen. Eine Testbatterie sollte neben dem schwimmspezifischen Test auch noch Übungen wie Bankziehen, Bankdrücken und einen Rumpfkrafttest beinhalten.

Schlüsselwörter: Leistungsdiagnostik, Kraftfähigkeiten, Geschlechtsunterschiede, Schwimmen

SUMMARY

1. Purpose of the study: To develop a battery of tests for swimming and to determine if the results of this battery are related to performance in different freestyle events.
2. Methods: 15 male (age 17,1 ± 1,8 years; stature 180 ± 8 cm; body weight 69,5 ± 10,0 kg) and 15 female (age 17,0 ± 1,9 years; stature 168 ± 6 cm; body weight 59,8 ± 6,8 kg) junior swimmers took part in the study. The test battery included tests for balance, flexibility, cyclic speed, leg and core strength, jump power, bench press and bench pull. A laboratory swim specific test was also administered. The test results were correlated with swim times over 50, 100 and 400 m freestyle.
3. Results: Except for balance and flexibility all test variables showed correlations with swim times (r = -0,526 to r = -0,829). In the boys' group, the test battery explained 68,7 %, 72,9 % and 62,5 % of the variance for swim times over 50, 100 and 400 m freestyle respectively. For the girls, the test battery explained 51,3 % und 56,2 % of the variance for swim times over 50 and 100 m freestyle respectively. The multiple regression analysis produced no result for the 400 m event in girls.
4. Discussion: The relationship between the parameters in this test battery and swim performance decreases with increasing distance. In freestyle swimming, boys rely more on strength than girls do. Besides the swim specific test, a swimming test battery should include tests for bench pull, bench press and core strength.

Key Words: performance diagnostics, strength abilities, gender differences, swimming

EINLEITUNG

Im vergangenen Jahrhundert war eine imposante Leistungsverbesserung im Schwimmsport zu beobachten. So wurde der 100 m Freistil Weltrekord bei den Männern seit dem Jahre 1908 von 65,6 s auf 47,05 s im Jahre 2008 verbessert. 2000 lag dieser noch bei 47,84 s, was einer Steigerung von 1,7 % gleichkommt. Zum Vergleich konnte in Deutschland die Jahresbestleistung über 100 m Freistil bei 17-jährigen Jungen im Zeitraum von 2001 bis 2008 um 3 % von 52,21 s auf 50,65 s gesteigert werden. Vergleicht man Schwimmer von damals und heute, wird klar, dass diese Verbesserungen nicht nur auf eine veränderte Schwimmtechnik oder verbesserte Schwimmanzüge zurückzuführen sind. Neben der Bedeutung anthropometrischer Charakteristiken auf die Schwimmleistung (7, 10, 16, 23, 24) zeigen zahlreiche Studien, wie wichtig die physische Leistungsfähigkeit im Schwimmsport ist (4, 5, 7, 20, 22, 25). Hier versuchten die Autoren vor allem eine Assoziation zwischen Kraft- und Leistungsparametern und der Schwimmzeit herzustellen. Meist wurden sportartspezifische Messungen an einer isokinetischen Schwimmbank oder selbstgebauten Testgeräten durchgeführt (5, 22, 26). Nur selten bezieht man sich auf motorische Fähigkeiten wie etwa die Bein- oder Rumpfkraft, die Handgriffkraft, Sprungkraft oder die anaerobe Leistungsfähigkeit (7, 11, 18). Bei den wenigen Studien mit Jugendlichen zeigen die Ergebnisse von Geladas et al. (7) einen Zusammenhang (r = -0,58 bis r = -0,73) zwischen Sprung- und Handgriffkraft und der 100 m Freistilzeit bei 12-14-jährigen. Untersuchungen die sich mit

Tabelle 1: Alter, anthropometrische Daten, physische und schwimmerische Charakteristiken (AM ± SD) der Probanden beider Geschlechter.

	Mädchen (n=15)	Jungen (n=15)
Alter [Jahre]	17,0 ± 1,9	17,1 ± 1,8
Größe [cm]	168 ± 6	180 ± 8
Gewicht [kg]	59,8 ± 6,8	69,5 ± 10,0
Bankdrücken [N]	467 ± 105	753 ± 186
Bankziehen [N]	620 ± 113	839 ± 132
Beinkraft 100° [N]	2062 ± 442	2522 ± 462
Beinkraft 120° [N]	3407 ± 904	3912 ± 971
Counter-Movement-Jump [cm]	26,3 ± 3,4	36,4 ± 5,7
Flexibilität [cm]	14 ± 9	14 ± 5
Gleichgewicht [Index]	5,6 ± 1,8	8,4 ± 3,5
Rumpfkraft [N]	981 ± 135	1301 ± 236
Tappings [Hz]	9,8 ± 0,6	11,5 ± 1,3
Schwimmzugtest [m/s]	2,0 ± 0,2	2,5 ± 0,4
Trainingsalter [Jahre]	8,1 ± 2,5	9,3 ± 1,6
Schwimmtraining [h/Woche]	13,2 ± 3,1	14,6 ± 3,4
Trockentraining [h/Woche]	1,7 ± 1,3	1,9 ± 1,0
50 m Freistil [s]	29,34 ± 1,76	26,41 ± 1,44
100 m Freistil [s]	63,77 ± 4,17	57,61 ± 3,55
400 m Freistil [s]	294,26 ± 21,91	277,54 ± 12,32

Abbildung 1: Schwimmzugtest

dem Effekt eines Krafttrainings auf die Schwimmleistung beschäftigen sind ebenfalls rar (8, 20, 25). Die Ergebnisse von Girold et al. (8) und Pichon et al. (20) zeigen nach einer Krafttrainingsperiode Leistungsverbesserungen von bis zu 4,4%. Girold et al. (8) ziehen ihre Erkenntnisse dabei aus Untersuchungen an Jugendlichen (16,5 ± 2,5 Jahre).

Testbatterien die einen hohen Zusammenhang zur spezifischen Leistung aufweisen, sind von besonderer Wichtigkeit in der Leistungsdiagnostik (1, 2, 3, 12, 14). Die Muskulatur der oberen Extremität führt im Freistilschwimmen vor allem Zug- und Druckbewegungen aus. Tests wie Bankziehen und Bankdrücken wären hier zur Leistungsüberprüfung geeignet. Die Sprungkraft ist besonders für den Start und den Abstoß nach der Wende wichtig. Üblicherweise

Tabelle 2: Kurzbeschreibung der durchgeführten Tests.

Test	Testbeschreibung
Bankdrücken/Bankziehen	Athlet auf Flachbank, drückt/zieht Hantel isometrisch gegen Sicherungsstifte eines Powerracks, Ellbogenwinkel 90°, Kraftmessplatte (SPSportdiagnosegeräte GmbH, Austria) registriert Kräfte, Platzer et al. (21);
Beinkraft 100°/120°	Athlet in Sitz positioniert, drückt isometrisch gegen Fußplatte mit Kraftaufnehmer (HBM GmbH, Deutschland), Sitz ist horizontal verstellbar um Kniewinkel auf 100° bzw. 120° einzustellen; Platzer et al. (21);
Counter-Movement- Jump	Sprung mit Ausholbewegung auf einer Kraftmessplatte (Kistler AG, Schweiz), Hände in Hüfte eingestützt, Iossifidou et al. (15);
Tappings	aufrechter Stand auf Kraftmessplatte (Kistler), möglichst viele Bodenkontakte innerhalb von 3 s;
Flexibilität	Rumpfbeugen vorwärts, Testperson steht erhöht, Beugung nach vorne, Kniegelenke gestreckt, Distanz zwischen Finger- und Zehenspitzen wird gemessen, Holt et al. (13);
Gleichgewicht	einbeiniger Test am Biodexgerät (Biodex Inc., USA), Testdauer 30 sek. bei Schwierigkeitsstufe zwei, zwei Versuche pro Bein, Summierung der Bestwerte beider Beine, Paterno et al. (19);
Rumpfkraft	isometrische Bauch- und Rückenkraft mittels Back-Check Test (Dr. Wolff GmbH, Deutschland), Proband steht aufrecht im Testgerät (Knie- und Hüftgelenk leicht gebeugt) und drückt auf Höhe des Brustbeins bzw. Schulterblatts gegen Kraftaufnehmer, Summierung der Bauch- und Rückenwerte zur weiteren Analyse, Platzer et al. (21);
Schwimmzugtest	Bestimmung der. maximalen Geschwindigkeit am Schwimmsimulator (Abb. 1) bei einem Doppelarmzug, Proband in Bauchlage auf Schlitten der entlang einer Aluschiene gleitet, Hände in Schwimmpaddels, die über Gurte mit Kraftaufnehmern verbunden sind, Geschwindigkeitsmessung über Magnetband auf Schiene und Bewegungsaufnehmer am Schlitten;

wird diese Fähigkeit über einen Counter-Movement-Jump getestet (7). Nach Girold et al. (8) sollten sowohl die Rumpfkraft als auch die Bein- und Hüftkraft trainiert und in weitere Folge überprüft werden. Die Rumpfkraft wirkt nicht nur unterstützend bei Starts und Wenden, sondern ist auch für eine stabile Wasserlage wichtig. Messung der zyklischen Bewegungsschnelligkeit sollte im Freistilschwimmen auch Bedeutung haben. Da pro Armzyklus sechs Beinschläge ausgeführt werden, entspricht dies bei 60 Armzyklen pro Minute in Freistilsprintbewerben einer Beinschlagfrequenz von sechs Hertz. Weiterhin stellt die Beweglichkeit der Athleten eine wichtige Eigenschaft dar (7). Neben der Schulter- und Sprunggelenksmobilität, wird auch die der Lendenwirbelsäule gezielt trainiert. Für Schwimmer sind außerdem kinästhetische Fähigkeiten, wie das Bewegungs-, Lage- oder Wassergefühl von Bedeutung. Diese Fähigkeiten zu messen, gestaltet sich jedoch als schwierig. Mitunter lassen sich hier Aussagen von Gleichgewichtstests oder sensomotorischen Tests ableiten.

PROBLEM- UND ZIELSTELLUNG

Ziel der Untersuchung war es, eine Testbatterie für Nachwuchsschwimmer zu erstellen und diese zu evaluieren. Weiterhin sollte die Beziehung zwischen körperlichen Eigenschaften und der Leistung über verschiedene Distanzen im Freistilschwimmen bei Nachwuchsathleten untersucht werden.

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Testvariablen und den Zeiten über die verschiedenen Freistildistanzen bei den Jungen. (*) $p < 0{,}05$; (**) $p < 0.01$; n.s. nicht signifikant

Testvariable	50 m	100 m	400 m
Bankdrücken [N]	-0,609*	-0,658*	-0,791**
Bankziehen [N]	-0,829**	-0,774**	-0,687**
Beinkraft 100° [N]	-0,678**	-0,597*	-0,165 n.s.
Beinkraft 120° [N]	-0,696**	-0,631*	-0,224 n.s.
Counter-Movement-Jump [cm]	-0,543*	-0,624*	-0,417 n.s.
Rumpfkraft [N]	-0,731**	-0,747**	-0,645*
Tappings [Hz]	-0,248 n.s.	-0,263 n.s.	-0,211 n.s.
Schwimmzugtest [m/s]	-0,767**	-0,749**	-0,396 n.s.

Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Testvariablen und den Zeiten über die verschiedenen Freistildistanzen bei den Mädchen. (*) $p < 0{,}05$; (**) $p < 0.01$; n.s. nicht signifikant

Testvariable	50 m	100 m	400 m
Bankdrücken [N]	-0,650*	-0,674**	-0,509 n.s.
Bankziehen [N]	-0,381 n.s.	-0,397 n.s.	-0,469 n.s.
Beinkraft 100° [N]	-0,581*	-0,566*	-0,427 n.s.
Beinkraft 120° [N]	-0,644**	-0,579*	-0,524 n.s.
Counter-Movement-Jump [cm]	-0,641**	-0,578*	-0,470 n.s.
Rumpfkraft [N]	-0,678**	-0,695**	-0,592 n.s.
Tappings [Hz]	-0,543*	-0,526*	-0,289 n.s.
Schwimmzugtest [m/s]	-0,628*	-0,722**	-0,580 n.s.

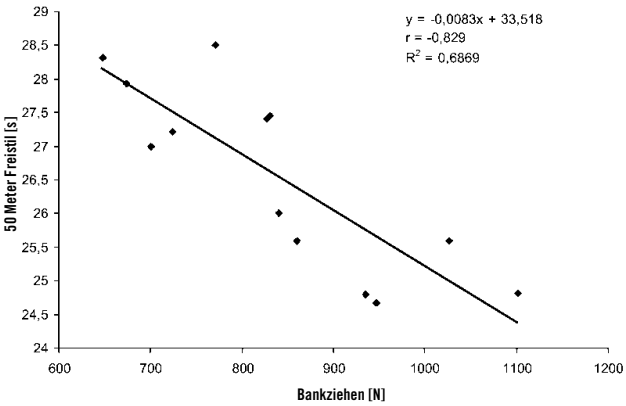

Abbildung 2: Streudiagramm zwischen der Zeit über 50 m Freistil und der Kraft beim Bankziehen in der Gruppe der Jungen

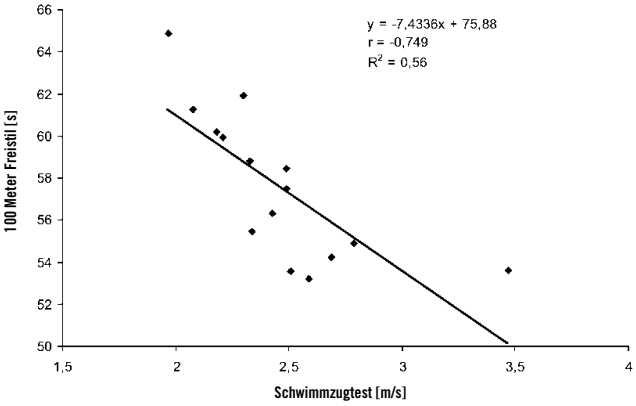

Abbildung 3: Streudiagramm zwischen der Zeit über 100 m Freistil und der Geschwindigkeit beim Schwimmzugtest in der Gruppe der Jungen

MATERIAL UND METHODEN

Probanden

15 weibliche und 15 männliche Nachwuchsschwimmer aus Leistungszentren zweier Bundesländer nahmen an der Studie teil. Aufnahmekriterium in ein Leistungszentrum war eine Leistung über eine Strecke von 100 m oder länger, die zehn Punkten auf der Rudolph-Tabelle der jeweiligen Altersgruppe, mindestens aber der der 14-jährigen, entspricht. Rekrutiert wurden sämtliche Athleten dieser Kader mit einem Alter ab 15 Jahren. Das Alter, anthropometrische Daten, physische und schwimmerische Charakteristiken sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Pro Trainingseinheit wird eine Strecke zwischen 5,5 und 6,8 km zurückgelegt, wobei das Ziel ein Wochenumfang von 30-35 km ist. Durch den Wettkampfkalender ergibt sich im Schwimmsport eine zweigipfelige Trainingsperiodisierung. Für den Wettkampf in dieser Studie erstreckte sich das Tapering über zwei Wochen mit Schwerpunkt Technik und Bewegungsschnelligkeit. Vier Tage vor dem Wettkampf wurden fast ausschließlich Sprints durchgeführt. Drei Tage vor dem Wettkampf hatte das Training extensiven Charakter bei reduziertem Umfang. Am darauffolgenden Tag fand das Training bei gleichbleibender Intensität aber halbiertem Umfang statt. Am letzten Tag gab es nur mehr eine Einheit bei niederer Intensität, um Starts, Wenden und Technik zu trainieren.

Sämtliche Testpersonen waren zum Untersuchungszeitpunkt verletzungsfrei, wurden über den Ablauf der Tests bzw. deren Risiken aufgeklärt und gaben ihr Einverständnis. Bei minderjährigen Athleten gaben die Eltern ihr Einverständnis. Die Tests wurden durch eine institutionelle Ethikkommission, bestehend aus Ärzten, Sportwissenschaftern und Vertretern aus Landespolitik befürwortet und gemäß der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Ein Förderprogramm für den Hochleistungssport stellte finanzielle Mittel zur Verfügung.

Materialien und Untersuchungsablauf

Der Untersuchungszeitraum belief sich auf sieben Tage, wobei die Bewerbe der nationalen Hallenmeisterschaften innerhalb von zwei Tagen und die Labortests vier bis fünf Tage nach dem letzten Schwimmbewerb jeweils an einem Tag stattfanden. Jeder Proband führte eine allgemeine Erwärmung von zehn Minuten an einem Fahrradergometer bei 100 W durch. Jeder Test beinhaltete einen Aufwärmversuch mit ca. 70% der maximalen Intensität und drei maximale Versuche bei den Krafttests und je zwei Versuche bei den Tappings und bei der Flexibilität. Jeder Proband musste die Testbatterie in derselben Reihenfolge durchlaufen, mit mindestens fünf Minuten Pause zwischen zwei Tests. Die Testbatterie wurde zusammengestellt, um trainingsrelevante Informationen zu den Eigenschaften Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination zu erhalten. Ungeachtet möglicher Überlagerungen fand die Testauswahl unter dem Aspekt statt, dass für jede Hauptübung des

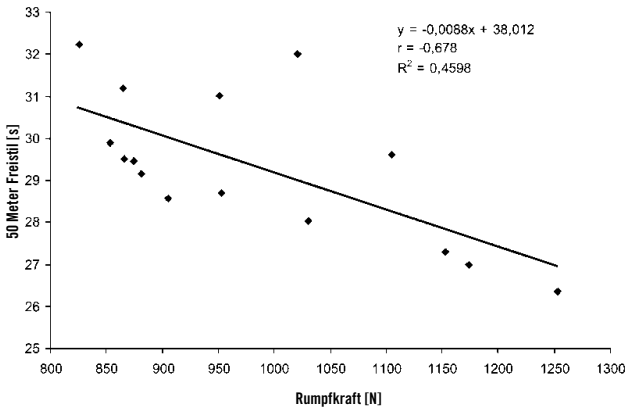

Abbildung 4: Streudiagramm zwischen der Zeit über 50 m Freistil und der Rumpfkraft in der Gruppe der Mädchen

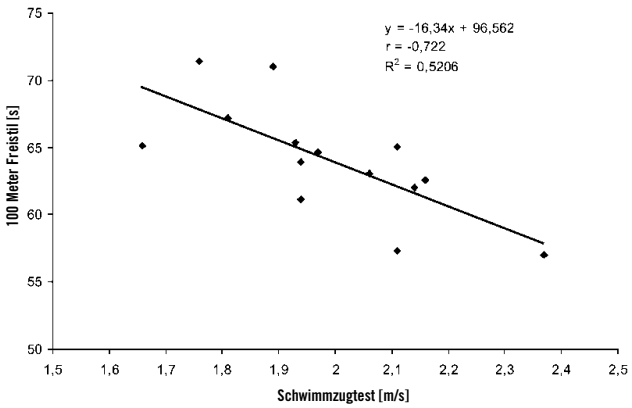

Abbildung 5: Streudiagramm zwischen der Zeit über 100 m Freistil und der Geschwindigkeit beim Schwimmzugtest in der Gruppe der Mädchen

Konditionstrainings auch ein entsprechender Test durchgeführt wird. Die Beschreibung der Testbatterie ist in Tab. 2 ersichtlich.

Die Reliabilität in der Originalliteratur bezieht sich nur selten auf Athleten, daher wurden in internen Studien Intra-Class-Korrelationskoeffizienten für die hier verwendeten Testvariablen ermittelt. Die ICC's lagen beim einbeinigen Gleichgewichtstest am Biodexgerät zwischen 0,87 und 0,91, beim Counter-Movement-Jump und bei den Tappings zwischen 0,91 und 0,93, beim Rumpfbeugen vorwärts 0,98, beim Beinkrafttest (links, rechts) jeweils 0,90 beim Rumpfkrafttest (Bauch, Rücken) zwischen 0,96 und 0,97, beim Bankziehen und Bankdrücken zwischen 0,93 und 0,98 und beim Schwimmzugtest bei 0,98.

Als Zeiten über 50, 100 und 400 m Freistil wurden die bei den nationalen Hallenmeisterschaften auf der Kurzbahn erbrachten Bestleistungen herangezogen. Jeder Athlet hatte die Aufgabe bei allen drei Wettbewerben anzutreten. Ein männlicher Proband nahm jedoch nicht am 50 m Wettbewerb und vier Probanden (drei weibliche, ein männlicher) nicht am 400 m Wettbewerb teil.

Statistische Verfahren

Eine Normalverteilungsprüfung an sämtlichen Variablen fand mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest statt, dessen Ergebnisse die Grundlage der weiteren Testauswahl bildete. Gruppenunterschiede wurden mittels unabhängigem t-Test berechnet. Um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Testvariablen und der Schwimmleistung zu ermitteln, kam eine Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson zum Einsatz. Anhand einer multiplen Regressionsanalyse (schrittweise) wurde geprüft, welcher Anteil an der Gesamtvarianz der Schwimmleistung durch die Analyse der Testvariablen erklärt wird. Für die Regressionsanalyse wurden nur jene unabhängigen Variablen verwendet, die eine signifikante Korrelation zur Schwimmleistung aufwiesen. Auf Basis der Standardvorgaben von SPSS fand bei Korrelationsberechnungen ein paarweiser und bei den multiplen Regressionsberechnungen ein listenweiser Fallausschluss statt. Die Auswertung erfolgte mit SPSS 15.0 wobei die Signifikanzschranken mit $p < 0{,}05$ festgelegt wurden.

Tabelle 5: Regressionskoeffizienten zur Bestimmung der Zeiten über die verschiedenen Freistildistanzen anhand der Testvariablen bei den Jungen. (*) $p < 0{,}05$; (**) $p < 0.01$; (SEE) Standardfehler des Schätzers

Strecke	R^2	SEE	Einflussvariable
50 m	0,687**	0,80	Bankziehen
100 m	0,729**	1,90	Schwimmzugtest
400 m	0,625**	8,18	Bankdrücken

Tabelle 6: Regressionskoeffizienten zur Bestimmung der Zeiten über die verschiedenen Freistildistanzen anhand der Testvariablen bei den Mädchen. (*) $p < 0{,}05$; (**) $p < 0.01$; (SEE) Standardfehler des Schätzers; n.a. keine multiple Regression berechenbar

Strecke	R^2	SEE	Einflussvariable
50 m	0,513*	1,32	Tappings
100 m	0,562**	3,00	Schwimmzugtest
400 m	n.a.	n.a.	n.a.

ERGEBNISSE

Bei den Variablen Alter, Trainingsalter, Schwimm- und Trockentraining pro Woche, Flexibilität und Beinkraft 120° zeigten sich keine Geschlechtsunterschiede ($p > 0{,}05$). Die anthropometrischen Parameter Größe und Gewicht waren in der Gruppe der Jungen stärker ausgeprägt ($p < 0{,}01$). Die Mädchen wiesen ein besseres Gleichgewicht als die Jungen auf ($p < 0{,}05$). Bei allen anderen Testvariablen, einschließlich der Schwimmzeiten zeigten die Jungen bessere Werte als die Mädchen ($p < 0{,}05$). Die Koeffizienten die sich durch Korrelation der drei Freistildistanzen mit den Testvariablen ergaben, sind für die beiden Geschlechter in Tab. 3 und Tab. 4 ersichtlich. Die wichtigsten Zusammenhänge sind graphisch anhand von Streudiagrammen dargestellt (Abb. 2, 3, 4 und 5). Da bei beiden Geschlechtern die Variablen Gleichgewicht und Flexibilität keinen Zusammenhang zu den Schwimmzeiten aufwiesen, wird auf die Erwähnung dieser Variablen verzichtet. Die Ergebnisse der multiplen Regression für die Jungen und Mädchen sind in Tab. 5 und Tab. 6 zusammengefasst.

DISKUSSION

Die Ergebnisse zeigen teilweise hohe Zusammenhänge zwischen den Schwimmzeiten und den Testvariablen. Vor allem die Maximalkraft beim Bankziehen und Bankdrücken, der Schwimmzugtest und die Rumpfkraft scheinen von Bedeutung im Freistil-

schwimmen der Jungen zu sein. Bei den Mädchen sind neben dem Schwimmzugtest auch die Rumpfkraft und die Tappings wichtig. Durch den mittlerweile hohen Stellenwert von Kurzbahnwettkämpfen kommt den azyklischen Krafteinsätzen, wie sie bei Start und Wende auftreten, eine höhere Bedeutung zu (17,27). Die Autoren geben an, dass 60% der Gesamtstrecke über 100m Freistil durch Start und Wende einschließlich Übergang bestimmt sind. Vor allem der Übergang nach der Wende in die Schwimmlage ist laut Autoren durch ein hohes Kraftpotential positiv beeinflussbar. Die in der vorliegenden Studie gefundenen Korrelationen der Bein- und Sprungkraft bzw. der Kraft beim Bankziehen, würden diese These unterstützen. In künftigen Studien sollten Teilstreckenanalysen wie Start- und Wendezeiten durchgeführt werden, um detailliertere Aussagen für diesen Bereich treffen zu können.

Der Vergleich mit anderen Studien zeigt, dass die hier gewählte Testbatterie einen höheren Zusammenhang zur Schwimmleistung aufweist, als etwa die von Geladas et al. (7) gewählten Parameter. Jene Tests konnten bei den Jungen 59% und bei den Mädchen 17% der Varianz der 100 m Freistilzeiten erklären. Auffallend ist jedoch auch hier, dass die getesteten somatischen und physikalischen Eigenschaften wichtiger für die Zeiten der Jungen als für die der Mädchen waren. Hawley et al. (11) geben überraschenderweise positive Korrelationskoeffizienten von $r = 0{,}63$ bis $r = 0{,}76$ zwischen der Leistung beim Wingate Test und den Schwimmzeiten über 50 und 400 m Freistil an. Dies würde gegen eine gut ausgebildete anaerobe Kapazität sprechen. Vergleiche mit weiteren Studien (5,18,22) gestalten sich schwierig, da sich die Ergebnisse entweder auf andere Leistungsklassen, auf kürzere Strecken oder nicht auf die Freistiltechnik beziehen.

Im Rahmen dieser Untersuchung war es nicht möglich, die Ausdauerleistungsfähigkeit zu erfassen, jedoch soll auf deren Bedeutung z.B. für die Belastungsverträglichkeit von großen und intensiven Trainingsumfängen und für die Regeneration hingewiesen werden. Als Schlussfolgerung lässt sich sagen, dass die in dieser Studie getesteten sportmotorischen Variablen eine bedeutende Beziehung zur Schwimmzeit aufweisen. Auf Basis dieser Untersuchung würde es jedoch Sinn machen, für künftige Leistungsüberprüfungen den Umfang der Testbatterie zu reduzieren oder abzuändern. Die Tests zur Überprüfung der Beweglichkeit und des Gleichgewichts scheinen in der hier durchgeführten Variante zu wenig spezifisch zu sein, um einen Zusammenhang zur Schwimmleistung herstellen zu können. Bei der Beweglichkeit dürften Tests zur Schulter- und Sprunggelenksmobilität besser geeignet sein. Aufgrund von Überlagerungen scheint es auch nicht notwendig, die Beinkraft bei zwei verschiedenen Winkeln zu ermitteln. Aus statistischer Sicht könnte auch auf die Überprüfung der Rumpf- und Sprungkraft verzichtet werden, da hier Kollinearitäten zu anderen Tests vorliegen. Bei der Ermittlung der Tappings wäre eine in Bauchlage liegende Variante spezifischer, wobei höhere Zusammenhänge zu erwarten sind.

Ein Training welches auf die hier überprüften Fähigkeiten eingeht, sollte in dieser Altersgruppe zu einer Verbesserung der Schwimmleistung führen. Die technischen Fähigkeiten der Athleten dürfen hierbei jedoch nicht außer Acht gelassen werden. Nur wer in der Lage ist, seine Technik an erhöhte Kraftfähigkeiten anzupassen, kann mit einem positiven Transfer rechnen. Dass ein Krafttraining an Land bei Schwimmern dieser Altersgruppe Sinn macht, zeigt die Untersuchung von Girold et al. (8). Hier berichten die Autoren über Verbesserungen der Schwimmzeit von bis zu 2,8%. Auch Faigenbaum (6) weist darauf hin, dass Krafttraining bei jugendlichen Athleten empfehlenswert ist, um die sportartspezifische Leistung zu verbessern und um eine optimale Vorbereitung auf die Anforderungen in Training und Wettkampf zu schaffen. Laut Faigenbaum (6) sollte im Jugendalter eine Basisausbildung der Kraftfähigkeiten für beide Geschlechter gleichermaßen durchgeführt werden. Zu ähnlichen Schlüssen kommen Granacher et al. (9) in ihrer Übersichtsarbeit. Die Autoren zeigen auf, dass sich bei Jungen mit Beginn der Pubertät durch die hormonellen Veränderungen größere krafttrainingsbedingte Zuwachsraten feststellen lassen. Sowohl in der vorliegenden wie auch in der Studie von Geladas et al. (7) weisen Jungen generell höhere Kraftwerte auf als Mädchen.

Im Hinblick auf die Korrelations- und Regressionsberechnungen scheint die Bedeutung der Kraftfähigkeiten bei Mädchen geringer zu sein als bei Jungen. Beim Freistilschwimmen der Mädchen sind mitunter weitere als die in dieser Studie erhobenen Variablen leistungsbestimmend. Möglicherweise spielen technisches Können und kinästhetisches Empfinden, das für das Wassergefühl wichtig ist, eine größere Rolle. Die höheren Zusammenhänge bei den Mädchen zwischen Tappings und den Schwimmzeiten über 50 und 100 m können ein Indiz dafür sein, dass versucht wird, fehlende Kraft über eine höhere Frequenz zu kompensieren. Der hohe Zusammenhang zwischen Bankziehen und den verschiedenen Freistildistanzen bei den Jungen und der fehlende Zusammenhang bei den Mädchen könnten darauf hinweisen, dass Jungen die Phase des Wasserfassens und den ersten Teil der Zugphase kraftbetonter bewältigen als Mädchen. Auch Geladas et al. (7) zeigen bei Mädchen einen deutlich geringeren Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeiten und der Schwimmzeit über 100 m Freistil. Die Autoren gehen davon aus, dass fehlende Kraft bei Mädchen über eine höhere Schwimmeffizienz ausgeglichen wird, was die Ergebnisse teilweise erklären könnte. Von Trainern sollte das vor allem für gemischt geschlechtliche Trainingsgruppen beachtet werden. Ob bei einem gleich umfangreichen Krafttraining für beide Geschlechter der Transfer für das Schwimmen bei Mädchen geringer ausfällt, wäre eine Arbeitshypothese für künftige Studien. Eine ähnliche Hypothese kann über die geschwommene Strecke aufgestellt werden, da es scheint, dass Schwimmer von einem verstärkten Krafttraining vor allem für Leistungen über kürzere Distanzen (50 – 100 m) profitieren. Aufgrund der Ergebnisse wäre für die 400 m Strecke ein geringerer Transfer zu vermuten. Auch wenn die Beziehung zur Schwimmzeit bei längeren Distanzen und bei Mädchen geringer ist, muss trotzdem auf eine altersgemäße und sportartgerechte Entwicklung sportmotorischer Parameter geachtet werden. Auf Basis dieser Studie wäre die verstärkte Einbindung von Sprungübungen und Variationen der zyklischen Bewegungsschnelligkeit in das Konditionstraining empfehlenswert. Verbesserungen der Rumpf-, Bein- und Oberkörperkraft sollten Schwerpunkte in jedem Trainingsplan sein. Hier ist auf ein altersgemäßes Training zu achten. Für unerfahrene Athleten sind Intensitätssteigerungen über die Serien- und Wiederholungsanzahl bzw. die Bewegungsgeschwindigkeit durchzuführen. In dieser Altersgruppe können bei entsprechender Erfahrung und korrekter technischer Ausführung aber auch Maximalkraftmethoden mit einer Belastungsintensitätssteuerung über das 1RM (Einwiederholungsmaximum) Einzug in das Trainingsprogramm finden.

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei der Arbeitsgemeinschaft zur Betreuung des Spitzensports für die finanzielle Unterstützung im Rahmen dieser Studie.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

1. **Battista RA, Pivarnik JM, Dummer GM, Sauer N, Malina RM:** Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. J Sports Sci 25 (2007) 651-657.
2. **Berg K, Latin RW:** Comparison of Physical and Performance Characteristics of NCAA Division I Basketball and Football Players. J Strength Cond Res 9 (1995) 22-26.
3. **Bracko MR, George J:** Prediction of Ice Skating Performance With Off-Ice Testing in Women's Ice Hockey Players. J Strength Cond Res 15 (2001) 116-122.
4. **Costill DL, Reifield F, Kirwan J, Thomas R:** A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. J Swim Res 2 (1986) 16-19.
5. **Costill D, Sharp R, Troup J:** Muscle strength: contributions to sprint swimming. Swim World 21 (1980) 29-34.
6. **Faigenbaum AD:** Strength training for children and adolescents. Clin Sports Med 19 (2000) 593-619.
7. **Geladas ND, Nassis GP, Pavlicevic S:** Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. Int J Sports Med 26 (2005) 139-144.
8. **Girold S, Maurin D, Dugué B, Chatard JC, Millet G:** Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. J Strength Cond Res 21 (2007) 599-605.
9. **Granacher U, Kriemler S, Gollhofer A, Zahner L:** Neuromuskuläre Auswirkungen von Krafttraining im Kindes- und Jugendalter: Hinweise für die Trainingspraxis. Dtsch Z Sportmed 60 (2009) 41-49.
10. **Grimston SK, Hay JG:** Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. Med Sci Sports Exerc 18 (1986) 60-68.
11. **Hawley JA, Williams MM, Vickovic MM, Handcock PJ:** Muscle power predicts freestyle swimming performance. Br J Sports Med 26 (1992) 151-155.
12. **Hoffman JR, Tenenbaum G, Maresh CM, Kraemer WJ:** Relationship Between Athletic Performance Tests and Playing Time in Elite College Basketball Players. J Strength Cond Res 10 (1996) 67-71.
13 **Holt LE, Pelham TW, Burke DG:** Modifications to the Standard Sit-and-Reach Flexibility Protocol. J Athl Train 34 (1999) 43-47.
14. **Impellizzeri FM, Marcora SM, Rampinini E, Mognoni P, Sassi A:** Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. Br J Sports Med 39 (2005) 747-751.
15. **Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G:** Isokinetic knee extension and vertical jumping: are they related? J Sports Sci 23 (2005) 1121-1127.
16. **Klentrou P, Montpetit R:** Physiologic and physical correlates of swimming performance. J Swim Res 7 (1991) 13-18.
17. **Küchler J, Witt M:** Zur Bedeutung grundlegender Leistungsvoraussetzungen für die Wettkampfleistung der Schwimmer. Leistungssport 30 (2000) 38-44.
18. **Magnusson SP, Constantini NW, McHugh MP, Gleim GW:** Strength profiles and performance in Masters' level swimmers. Am J Sports Med 23 (1995) 626-631.
19. **Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE:** Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther 34 (2004) 305-316.
20. **Pichon F, Chatard JC, Martin A, Cometti G:** Electrical stimulation and swimming performance. Med Sci Sports Exerc 27 (1995) 1671-1676.
21. **Platzer HP, Raschner C, Patterson C:** Performance-determining physiological factors in the luge start. J Sports Sci 27 (2009) 221-226.
22. **Sharp RL, Troup JP, Costill DL:** Relationship between power and sprint freestyle swimming. Med Sci Sports Exerc 14 (1982) 53-56.
23. **Siders WA, Lukaski HC, Bolonchuk WW:** Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. J Sports Med Phys Fitness 33 (1993) 166-171.
24. **Sprague HA:** Relationship of certain physical measurements to swimming speed. Res Q 47 (1976) 810-814.
25. **Tanaka H, Costill DL, Thomas R, Fink WJ, Widrick JJ:** Dry-land resistance training for competitive swimming. Med Sci Sports Exerc 25 (1993) 952-959.
26. **Toussaint HM, Vervoorn K:** Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. Int J Sports Med 11 (1990) 228-233.
27. **Witt M:** Bedeutung des Leistungsfaktors Kraft im Schwimmen – Entwicklungstendenzen und Konsequenzen für das Training, in: Freitag W (Hrsg.): Schwimmen. Lernen und Optimieren. Deutsche Schwimmtrainer-Vereinigung, Rüsselsheim, 2002, 224-231.

Korrespondenzadresse:
Hans-Peter Platzer
Institut für Sportwissenschaft
Fürstenweg 185
6020 Innsbruck
Österreich
E-Mail: hans-peter.platzer@uibk.ac.at