

Klaus Hübner¹, Markus Tschopp¹, Othmar Buholzer², German E. Clénin¹

¹ Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen (EHSM), Magglingen

² Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich

Lassen sich Explosivkraftmessungen auf der Kraftmessplatte durch einfache Feldtests ersetzen?

Studie mit 19 Handballern des U 21-Nationalkaders

Zusammenfassung

Die Bedeutung der Explosivkraft als Leistungsvoraussetzung für schnelle, azyklische und zyklische Bewegungen in vielen Sportarten nimmt zu. Somit steigt auch das Anspruchsniveau von Trainern und Athleten an die Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit von einfachen Feldtests zur Messung der Explosivkraft der unteren Extremitäten, um individuelle Trainingsfortschritte zu dokumentieren und die Trainingsplanung zu verbessern. Es bestand daher die Absicht, einfache Feldtests mit einem Standardverfahren im Labor zu vergleichen. 19 männliche Spitzensportler des Handball-U21-Nationalkaders, Absolventen der Spitzensportler-Rekrutenschule in Magglingen, führten in einem Abstand von 2 Tagen vier einfache Feldtests (Standweitsprung, 5er-Hupf, 30-m-Sprint, Jump and Reach) und den Sprungkrafttest auf Kraftmessplatten durch. Die Beziehung zwischen Standweitsprung, 5er-Hupf und 30-m-Sprint einschliesslich der Abschnittszeiten mit den Werten des Labortestes war im Kollektiv mit Korrelationskoeffizienten von durchwegs 0.6 bis 0.8 signifikant bis hoch signifikant. Der Jump and Reach korreliert nicht mit den beidbeinigen Ergebnissen der Kraftmessplatten. Die individuelle Voraussage aus den Feldtests heraus, repräsentiert durch den grossen Standardfehler des Schätzers, ist allerdings ungenügend.

Für einen generellen Eindruck, etwa im Sinne des mittleren Leistungsstandes eines Teams, sind die einfachen Feldtests Standweitsprung, 5er-Hupf und die Sprintvarianten durchaus einsetzbar. Schon hier genügt allerdings der Jump and Reach nicht den Ansprüchen.

Für eine individuell präzise Betrachtung der Explosivkraft, einschliesslich der Dokumentation individueller Änderungen, reicht die Genauigkeit der einfachen Feldtests nicht aus, und hier ist die Anwendung von Kraftmessplatten indiziert.

Abstract

Can Field-tests replace the use of force platforms in the measurement of explosive strength?

A study conducted with the Swiss Junior National Handball team.

In many sports the importance of explosive strength as performance predictor in fast acyclic and cyclic movements has grown. With this growing interest, there is a greater demand from coaches and athletes to use field-tests as a reliable comparison to the measurements of lower extremity explosive strength made in the lab with a force platform, and to use these field test to track individual training improvements and improve training planning. For this reason, the aim of this study was to compare these field-tests with the standard results of the laboratory test. 19 males from the Junior National Handball team completed within 2 days four field-tests (Standing long jump, 5 series long jump, 30-m-Sprint, Jump and Reach) and a vertical jump test on a force platform in the lab. The relationship between Standing long jump, 5 series long jump, 30-m-Sprint (using the split times) and the results from the laboratory test were in general significant to highly significant, represented by the correlation coefficient of 0.6 to 0.8. The Jump and Reach test did not correlate with the two-legged vertical jump test on the force platform. The large standard error of estimate concludes that an individual prediction when using only the field-tests is inaccurate.

For a general impression of the team's average ability, the use of the standing long jump test, 5 series long jump test, and the 30-m-Sprint splits are applicable. But even for this use the Jump and Reach test is not reliable.

For a precise individual assessment of lower extremity explosive strength, and documentation of individual changes, the accuracy of these field-tests is not sufficient, and the use of a force platform is indicated.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 53 (3), 106–109, 2005

Einleitung und Problemstellung

In der Sportpraxis werden stets einfache Feldtests gesucht, die bestimmte Trainingsfortschritte in den einzelnen konditionellen Faktoren Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer belegen können und die Rückkopplung der Effizienz oder eine Neuausrichtung der Trainingspläne ermöglichen. Der zunehmende Anspruch der Trainer und Athleten an die einfachen Tests auf Genauigkeit und Vergleichbarkeit mit validierten Labortests bedingt vergleichende Untersuchungen zwischen Feld- und Labortests. Der mittlerweile etablierte Sprungkrafttest [1, 2] mit der Kraftmessplatte kann im Vergleich mit Feldtests als Referenzwert für die Grösse der Explosivkraft dienen. Besonders für Mannschaftssportarten (grosse Athletenanzahl) und Sportler unteren Niveaus (kein Zugang zu Labortests) sind diese Resultate von potenzieller Bedeutung.

Fragestellung

Sind für die Abklärung der Explosivkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten einfache Feldtests eine Alternative zu standardisierter Messungen auf Kraftmessplatten?

Methode Probandenauswahl

Die Tests wurden an 19 Handballern der Spitzensportler-Rekrutenschule in Magglingen angewendet. Alle Athleten gehörten der nationalen Spitze (U 21-Nationalkader) an und mussten sich für einen solchen Lehrgang gemäss bestimmten, von Swiss Olympic und BASPO gemeinsam definierten Leistungskriterien qualifizieren.

Testablauf

Die Probanden führten in der ersten Woche des Lehrganges jeweils am Morgen die einfachen Feldtests aus und zwei Tage später den Labortest auf den Kraftmessplatten.

Vor dem Testbeginn wurden die Personaldaten erfasst und Körpergrösse und -gewicht gemessen.

Das Aufwärmen war mit 6 min Fahren auf dem Fahrradergometer, kurzem Dehnen der involvierten Muskelgruppen (max. 5 s) und einem Aktivieren mit Hüpfen bzw. Skipping standardisiert.

Testprotokolle

Sprungkraftmessung mit der Kraftmessplatte:

Zuerst wurde eine Gewichtsmessung mit der Kraftmessplatte durchgeführt.

Danach wurden folgende Sprungformen absolviert (je 3 Sprünge):

Sprungform:	Messgrösse:
1. Countermovement Jump (CMJ)	max. Leistung (W/kg), Höhe (cm)
2. Squat Jump (SJ)	max. Leistung (W/kg), Höhe (cm)
3. Einbeinige Jumps links (LL) und rechts (RL)	max. Leistung (W/kg), Höhe (cm)

Bei jedem Sprung bestand die Aufgabe, eine möglichst grosse Höhe zu erreichen. Die Sprünge wurden ohne Armeinsatz absolviert, um eine unterschiedliche Koordination zwischen Arm- und Beinbewegung unter den Athleten auszuschliessen und damit einen besseren Rückschluss auf die eigentliche Explosivkraft der unteren Extremitäten zu besitzen. Die Durchführung erfolgte analog dem standardisierten Protokoll von Swiss Olympic [2].

Vier Feldtests wurden durchgeführt:

Feldtest:	Anzahl:	Messgrösse:
- Standweitsprung beidbeinig	2 Versuche	Weite (cm)
- Jump and reach	2 Versuche	Höhe (cm)
- 30-m-Sprint	2 Versuche	Zeit (s) jede 10 m
- 5er-Hupf beidbeinig	2 Versuche	Weite (cm).

Je der bessere Versuch wird gewertet.

Die Ausführung der Feldtests erfolgte folgendermassen:

Standweitsprung beidbeinig: Aus dem Stand wird mit beiden Beinen gleichzeitig abgesprungen und beidbeinig gelandet. Vor dem Absprung darf keiner der Füsse den Kontakt mit dem Boden verlieren. Übertretene Versuche sind ungültig. Gemessen wird von der Vorderkante der Absprunglinie bis zum hintersten Berührungspunkt des Körpers mit dem Boden auf einen Zentimeter genau.

Jump and reach: Aus dem Stand seitlings zu einer Mauer wird mit beiden Armen in Hochhalte an den Fingerspitzen die Ausgangshöhe bestimmt. Dann wird ein beidbeiniger Absprung mit Ausholen der Arme absolviert und im höchsten Punkt mit den Fingern einer Hand die Wand berührt. Die Differenz dieser Höhe mit der Ausgangshöhe ergibt das Resultat.

30-m-Sprint: Aus der Schrittstellung mit dem ersten Fuss an der Startlinie werden 30 Meter so schnell wie möglich durchlaufen. Es wird ohne Startsignal individuell gestartet. Nach je 10 Metern wird durch Lichtschranken eine Zwischenzeit gemessen.

5er-Hupf beidbeinig: Die Ausführung ist analog zum Standweitsprung, nur eine direkte Verbindung zwischen fünf beidbeinigen Absprüngen.

Geräte/Apparaturen

Mit der Kraftmessplatte vom Typ Quattrojump® (Kistler, Schweiz) wurden bei Vertikalsprüngen die Bodenreaktionskräfte gemessen.

Für die Feldtests wurden Messband und Lichtschranken vom Typ Alge timing verwendet.

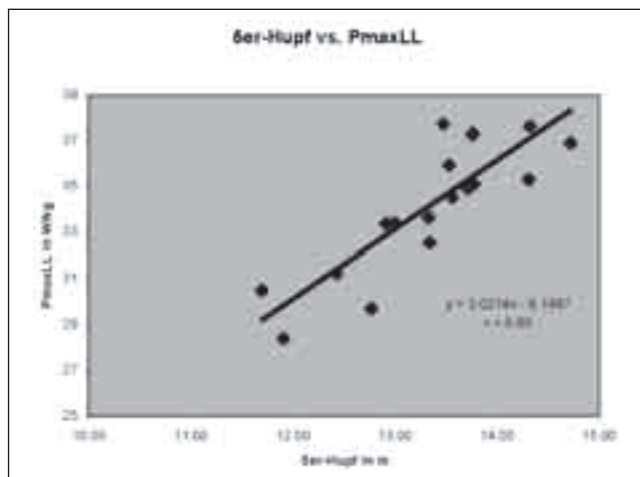


Abbildung 1: 5er-Hupf vs. relative maximale Leistung einbeinig.

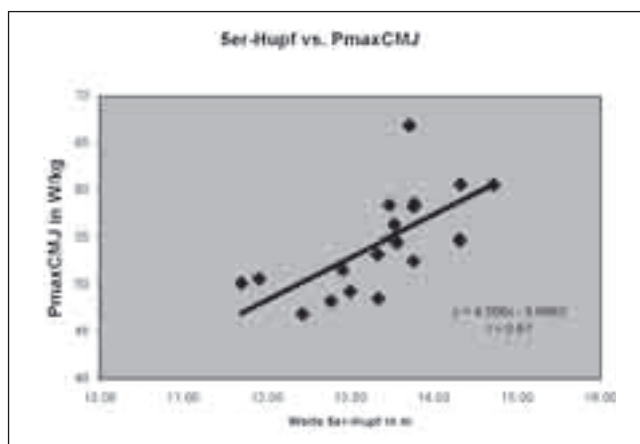


Abbildung 2: 5er-Hupf vs. relative maximale Leistung beim CMJ.

Statistische Auswertung

Jedes Resultat in Sekunden, in Zentimetern, in Watt usw. bei jedem Test wurde vom Datenausdruck in eine Exceldatenbank überschrieben. Berechnet wurden der Kollektivmittelwert und die Standardabweichung für jeden Parameter (Tab. 2). Ausserdem wurde der Standardfehler des individuellen Schätzwertes als Mass für die Genauigkeit der individuellen Vorhersage ermittelt. Die verschiedenen Parameter und ihre Auswirkungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0 untersucht.

Ergebnisse

Wie die Tabelle 1 zeigt, ist das Studienkollektiv aufgrund der Selektionskriterien (vgl. Probandenauswahl) relativ homogen.

Die erreichten Explosivkraftwerte der maximalen mechanischen Leistung im Quattrojump (Tab. 2) decken sich mit bisherigen Ergebnissen von Handballkadergruppen [2, 3]. Auch die Leistungen der ersten zehn Meter beim Sprint entsprechen denen aus dem gleichaltrigen Fussballkader [4].

n = 19	Alter Jahre	Grösse cm	Körpermasse kg
Mittelwert	19.8	187.8	84.6
Standardabweichung	0.7	6.1	9.6

Tabelle 1: Alter und anthropometrische Daten des Studienkollektivs.

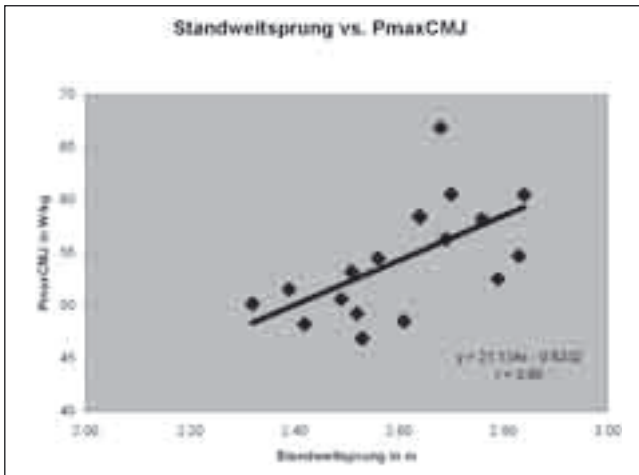


Abbildung 3: Standweitsprung vs. relative maximale Leistung beim CMJ.

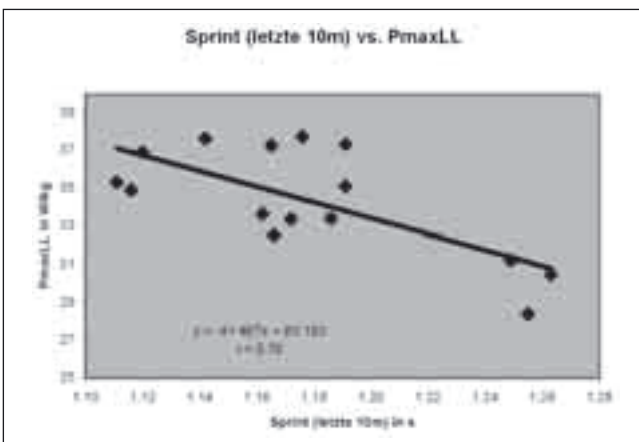


Abbildung 4: Sprintzeit der letzten 10 m vs. relative maximale Leistung einbeinig.

In der *Tabelle 3* werden die Beziehungen zwischen den ermittelten maximalen Leistungen während der verschiedenen Absprünge auf der Kraftmessplatte und den einfachen Tests summarisch als Korrelationskoeffizienten dargestellt. Die Korrelationen innerhalb der verschiedenen Sprungarten (CMJ, SJ, LL, RL) auf der Kraftmessplatte sind hochsignifikant und ähnlich denen zwischen den Quattrojump-Werten und dem 5er-Hupf.

Am deutlichsten werden diese hoch signifikanten Zusammenhänge der maximalen Leistung, ein- und beidbeinig, mit dem 5er-Hupf (*Abb. 1 und 2*), Standweitsprung (*Abb. 3*) und der Abschnittszeit der letzten 10 m im 30-m-Sprint (*Abb. 4*).

Der verbreitete Jump and Reach weist dagegen keinerlei Signifikanz mit den beidbeinigen Sprüngen der Kraftmessplatte auf.

Neben dem generellen Zusammenhang einzelner Parameter ist vor allem praxisrelevant, ob individuell bestimmte Werte in hohem Masse prädiktiv sind. Die Berechnung des Standardfehlers des individuellen Schätzwertes («Schätzers») ist hierbei ein zweckmäßiges Werkzeug (*Tab. 4*).

Das Beispiel illustriert, dass die individuelle Schätzung einer relativen maximalen Leistung beim CMJ von 54.5 W/kg auf Grund einer Weite von 13,35 m im 5er-Hupf um ± 8.2 W/kg differiert

	Berechnung SE Schätzer W/kg	Beispiel Ausgangswert Feldtest	Schätzwert Labortest (W/kg)	95% Intervall (W/kg)
5er-Hupf vs. PmaxLL	1.56	13.35 m	34.2	31.0 – 37.3
5er-Hupf vs. PmaxCMJ	4.05	13.35 m	54.5	46.3 – 62.6
Standweite vs. PmaxCMJ	4.39	2.61 m	54.5	45.6 – 63.3
Sprint letzte 10 m vs. PmaxCMJ	4.32	1.18 s	54.7	46.0 – 63.5
Sprint letzte 10 m vs. PmaxLL	2.12	1.18 s	34.3	30.1 – 38.6

Tabelle 4: Standardfehler des individuellen Schätzwertes («Schätzers»).

	Quattrojump				Standweitsprung	Jump & Reach	5er-Hupf	30-m-Sprint	30-m-Sprint
	PmaxCMJ (W/kg)	PmaxSJ (W/kg)	PmaxLL (W/kg)	PmaxRL (W/kg)	Weite (m)	Höhe (cm)	Weite (m)	erste 10 m (s)	letzte 10 m (s)
Mittelwert	54.7	54.4	34.2	33.7	2.61	58.7	13.35	1.80	1.18
Standardabweichung	5.3	4.4	2.8	3.8	0.15	7.3	0.80	0.07	0.05

Tabelle 2: Mittelwerte der erreichten relativen maximalen Leistung bei folgenden Sprüngen auf der Kraftmessplatte: Countermovement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ), einbeinige Jumps links bzw. rechts (LL bzw. RL) und der Ergebnisse der Feldtests.

	Quattrojump				Standweite	Jump & Reach	5er-Hupf	30-m-Sprint	30-m-Sprint
	PmaxCMJ	PmaxSJ	PmaxLL	PmaxRL	Weite	Höhe	Weite	erste 10 m	letzte 10 m
Quattrojump	1	.846***	.676**	.718***	.599**	.424	.674**	-.359	-.669**
PmaxCMJ	1		.831***	.848***	.594**	.394	.713***	-.531*	-.670**
PmaxSJ		1		.843***	.778***	.554*	.846***	-.637*	-.698**
PmaxLL			1		.711***	.403	.781***	-.646**	-.630*
PmaxRL				1					

Tabelle 3: Korrelationen nach Pearson zwischen der erreichten relativen maximalen Leistung bei folgenden Sprüngen auf der Kraftmessplatte und der Werte der Feldtests: * = p < 0.05 ** = p < 0.01 *** = p < 0.001

(Zeile 2 in *Tab. 4*). Das heisst, zu 95% Wahrscheinlichkeit ist die tatsächliche maximale Leistung zwischen 46.3 und 62.6 W/kg zu prognostizieren. Diese Differenz ist relativ gross.

Etwas besser sieht es aus bei der Prognose der einbeinigen Explosivkraft: für die gleiche 5er-Hupf-Leistung von 13.35 m resultiert eine Schätzung der einbeinigen P_{max} von 34.2 ± 3.1 W/kg.

Diskussion

Die Sprungkraft ist eine wichtige Leistungsvoraussetzung für die sportartspezifische Kraft [5]. Um das Niveau der Explosivkraft zu bestimmen, bieten sich verschiedene Testformen an. Über vertikale Absprünge auf Kraftmessplatten lassen sich direkt physikalische Werte für die maximale Leistung als Synonym für die Explosivkraft ermitteln. Feldtests wie der Standweitsprung, 5er-Hupf, 30-m-Sprint und Jump and Reach sind einfach durchzuführen und verbreitet. Doch reicht die Messgenauigkeit dieser einfachen Tests im Vergleich zu Labortests auf Kraftmessplatten aus, um eine individuelle Bewertung der Explosivkraft vorzunehmen und Trainingsfortschritte zu belegen? Welcher Feldtest ist also in der Trainingspraxis am geeignetsten, um den Labortest mit Kraftmessplatten zu ersetzen?

Dass der 5er-Hupf und der Standweitsprung sehr gut mit der Referenzgrösse aus dem «Labor-Explosivkrafttest» korrelieren, erstaunt nicht weiter. Bei diesen beiden Feldtests bestehen relativ geringe Anforderungen an die technische Ausführung und an die Koordination mit der Armbewegung. Ebenfalls ist die Fehlerrate in der Messung gering. Der Hauptanteil an der erzielten Weite wird also in erster Linie durch die konditionelle Fähigkeit, Explosivkraft, erreicht. Beim 5er-Hupf ist diese noch mit einem relativ grossen Anteil an Rhythmisierungsfähigkeit verknüpft.

Im Sprint, mit den Teilmessungen aller zehn Meter, kann unter den ersten 10 Metern im Sinne der Start- oder Beschleunigungsphase und den letzten zehn Metern als Äquivalent für die Endgeschwindigkeit unterschieden werden. Obwohl im 30-m-Sprint bereits die Sprinttechnik eine grosse Rolle spielt, besteht gerade mit den letzten 10 Metern mit allen Sprungformen auf der Kraftmessplatte eine signifikante Beziehung. Bestätigt wird der Sachverhalt, dass der Squat Jump für die ersten zehn Meter die bessere Aussage gerade für diese Beschleunigungsphase ermöglicht als der Countermovement Jump. Die einbeinigen Absprünge, die einigen Testern in der Durchführung Probleme bereiten, korrelieren am besten mit den ersten 10 Metern und erhärten ihre Indikation im Testprotokoll von Swiss Olympic.

Der Jump and Reach ist in der Trainingspraxis verbreitet und beliebt, da der Test rein äusserlich suggeriert, mit dem vertikalen Absprung und dem Armeinsatz nahe an sportartspezifischen Bewegungen zu sein. Neben den offensichtlich methodischen Problemen (unscharfe Ausgangsstellung durch die grosse Bewegungsamplitude des Schultergürtels, Timing der Berührung mit der Hand an der Wand) ist sicher auch der individuell unterschiedlich grosse Anteil der Ausholbewegung der Arme eine Ursache für das relativ schlechte Abschneiden dieses Tests gegenüber den Referenzwerten auf der Kraftmessplatte.

Trotz der rein formelstatistisch hohen Signifikanz der Werte von der Kraftmessplatte mit dem 5er-Hupf, Standweitsprung und 30-m-Sprint sind die Korrelationskoeffizienten für das Gesamtkollektiv gut, aber nicht optimal.

Die besonders relevante Fragestellung, ob auch individuelle Werte prädiktiv sind, d.h. ob praktisch der einzelne Wert eines einfachen Tests direkt und individuell in eine maximale physikalische Leistung (normalerweise ermittelt durch Kraftmessplatten) umgerechnet werden kann, muss eher verneint werden. Der in *Tabelle 4* beschriebene Standardfehler des Schätzers ist relativ gross. Mit einer in diesem Kollektiv durchschnittlichen Weite im 5er-Hupf (13,35 m) wird eine «physikalische» maximale Leistung von 54 W/kg prognostiziert, die aber innerhalb der Grenzen von 46 bis 62 W/kg variieren kann. Laut den Kadermittelwerten der Nationalmannschaften verschiedener Sportarten [2, 3] charakterisieren 62 W/kg jedoch ein sehr gutes Explosivkraftniveau, zum Beispiel von Volleyballern oder Zehnkämpfern, und 46 W/kg ein geringes, wie es beim Triathlon oder Orientierungslauf typisch für das Anforderungsprofil ist. Offensichtlich ist diese Bandbreite für eine individuelle Analyse ungenügend.

In zusammenfassender Betrachtung der vorliegenden Resultate scheint uns folgendes Verfahren sinnvoll:

- Für einen generellen Eindruck, etwa im Sinne des mittleren Leistungsstandes eines Teams, sind die einfachen Feldtests Standweitsprung, 5er-Hupf und die Sprintvarianten durchaus einsetzbar; schon hier genügt allerdings der Jump and Reach nicht den Ansprüchen.
- Für eine individuell präzise Betrachtung der Explosivkraft, einschliesslich der Dokumentation individueller Änderungen, reicht die Genauigkeit der einfachen Feldtests nicht aus, und hier ist unseres Erachtens die Anwendung von Kraftmessplatten indiziert.

Dank an

alle Handballer des Spitzensportlehrganges, ohne die die Durchführung dieser Tests unmöglich gewesen wäre.

Korrespondenzadresse:

Klaus Hübner, Bundesamt für Sport, Eidgenössische Hochschule für Sport, 2532 Magglingen, Schweiz,
E-Mail: klaus.huebner@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

- 1 *Grossenbacher A., Bourban P., Held T., Marti B.*: Schnellkraftdiagnostik mit einer Kraftmessplatte: Ergebnisse bei Spitzensportlern, Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraumatol., 46 (4), 1998, 150–154.
- 2 *Tschopp M.*: Swiss Olympic Manual Leistungsdiagnostik Kraft, Version 2.0, Magglingen, 2003, 8–9, 26–39.
auch: <http://www.swissolympic.ch/Desktopdefault.aspx/tabid-890/>.
- 3 *Hübner K.*: Sportartspezifische Mittelwerte bei Explosivkrafttests der unteren Extremität, (nicht publiziert), SOMC Magglingen, 2003.
- 4 *Tschopp M., Held T., Hasler H., Marti B.*: Physical maturation in junior elite soccer players: 2-year results of a prospective study with 3 Swiss junior national teams, abstract 5th annual Congress of the European College of Sport Science, Jyväskylä, 2000.
- 5 *Bourban P., Hübner K., Tschopp M., Marti B.*: Grundanforderungen im Spitzensport: Ergebnisse eines 3-teiligen Rumpfkrafttests, Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraumatol., 49 (2), 2001, 73–78.