

Explosivkraftniveau der unteren Extremitäten bei Schweizer Nachwuchsathleten

Klaus Hübner, Karin Sonderegger, Fabian Lüthy, Markus Tschopp

Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen (EHS), Magglingen

Zusammenfassung

Die Bedeutung der Explosivkraft als Leistungsvoraussetzung für schnelle, azyklische und zyklische Bewegungen in vielen Sportarten nimmt zu. Die Leistungsdiagnostik als Teil der Leistungs- und Trainingssteuerung benötigt als Grundlage für die Trainingsempfehlungen Kenngrößen oder Normwerte. Einzelne Diagnostik-Verfahren werden zunehmend bereits im Junioren- oder Nachwuchsbereich eingesetzt.

Es bestand daher die Absicht, das Explosivkraftniveau der unteren Extremitäten von Schweizer Nachwuchsathleten aus verschiedenen Sportarten und verschiedenen Altersklassen zu ermitteln.

1518 Athleten (870 männlich und 648 weiblich) aus 21 verschiedenen Sportarten (18 männlich und 17 weiblich) in den Altersklassen bis 12, 14, 16, 18 und 20 Jahre absolvierten in einer Trainingslagerwoche beim «Talentreff in Tenero (3T)» einen Sprungkrafttest (bestehend aus Countermovementjump [CMJ], Squatjump und einbeinigen Sprüngen links und rechts) auf Kraftmessplatten. Dabei wurde die relative maximale mechanische Leistung (Pmax) und die Sprunghöhe gemessen, sowie das bilaterale Defizit errechnet. Aufgeteilt nach Sportart, Geschlecht und Altersklasse wurden für diese Parameter Mittelwerte und Standardabweichungen umfangreich dokumentiert.

Die Grösse der Explosivkraftwerte im Nachwuchsbereich schwankte erwartungsgemäss nach dem jeweiligen Anforderungsprofil der Sportart und nach der Altersklasse beim CMJ-Mittelwert Pmax zwischen 38.9 W/kg (Badminton U12) bis 66.6 W/kg (LA-Sprint U18) bei den Jungen und zwischen 35.3 W/kg (Squash U14) bis 55.2 W/kg (LA-Sprint U16) bei den Mädchen.

Bei den 12-jährigen ist das Explosivkraftniveau der unteren Extremitäten zwischen Jungen und Mädchen praktisch identisch. Danach entwickeln sich Jungen immer besser bis zu einer Differenz von ca. 17% ab dem 18. Lebensjahr.

Als Referenz für die Normierung der Explosivkraftmessungen der unteren Extremitäten ist diese Dokumentation aus 21 sportartspezifischen Kadermittelwerten im Altersbereich zwischen 12 und 20 Jahren sicher geeignet. Diese bilden dann eine Basis für eine sportgerechte individuelle Beratung.

Summary

Explosive leg strength in Swiss elite youth athletes

In many sports the importance of explosive strength as performance predictor in fast acyclic and cyclic movements has grown. Explosive strength testing is used already in young athletes to optimize the physical training in a long-term performance development process. Age and sport specific reference values may help to exactly evaluate the individual progression of an athlete.

The aim of this study was to analyse the explosive strength level of elite youth athletes in different age categories and different sports.

The explosive strength was measured in 1518 youth elite athletes (male: n=870, female: n=648) from 21 different sports disciplines (18 in male and 17 in female athletes) in five different age categories (under 12 years, u-14 y., u-16 y., u-18 y. and u-20 y.) during a training camp for the most talented Swiss youth athletes. Explosive strength was measured by three different vertical jumps on a force plate (countermovement jump, squat jump and the one leg countermovement jump). Jump height, maximal power relative to body weight and the bilateral deficit were calculated using the mean of 3 trials.

The explosive strength were different between age, sport and sexes and ranged in boys from 38.9 Watts/kg (Badminton u-12 y.) to 66.6 Watts/kg (Track and field sprint u-18 y.) and in girls from 35.3 Watts/kg (Squash u-14 y.) to 55.2 Watts/kg (Track and field sprint u-16 y.). At age 12 years there was no difference between boys and girls. With increasing age boys had higher explosive strength compared to girls with a difference of 17% at age 18 years. The presented data may be used as normative references.

Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 61 (4), ■■■, 2013

Einleitung und Problemstellung

Die Bedeutung der Explosivkraft als Leistungsvoraussetzung für schnelle, azyklische und zyklische Bewegungen in vielen Sportarten ist unbestritten. Als Unterstützung der Leistungs-

entwicklung bildet die Leistungsdiagnostik mit ihrer Hauptaufgabe, der Ableitung von Trainingsempfehlungen, einen wichtigen Bestandteil. Die Ermittlung von Vergleichswerten ermöglicht erst die Beurteilung von Leistungen oder Leistungsfähigkeit (Schnabel et al., 2008).

Für die Explosivkraft der unteren Extremitäten bei Spitzensportlern wurden in der Schweiz erhobene Daten von Sprungkrafttests in den letzten Jahren von Grossenbacher et al. (1998), Tschopp (2003) und Hübner (2009) publiziert. Trainer und Leistungsdiagnostiker sind bemüht, verschiedene Messmethoden in der Leistungsdiagnostik bereits im Nachwuchsbereich und im Übergang zu Nationalmannschaften einzusetzen.

Nur wenige wissenschaftliche Arbeiten (Bencke et al., 2002; Cortis et al., 2011; Fort et al., 2012; Vesconi et al., 2011) beschreiben Explosivkraftmessungen im jüngeren Altersbereich. So bestand die Absicht, Daten aus einem validierten Sprungkrafttest (Tschopp, 2003), die beim «Talent-Treff-Tenero (3T)» erhoben wurden, retrospektiv zu verwenden.

3T ist eine, von Swiss Olympic jährlich zweimal organisierte, Trainingslagerwoche für nationale Nachwuchskaderathleten aus verschiedenen Sportarten, in der einige leistungsdiagnostische Formen für erste Ableitungen von Trainingsempfehlungen für Trainer und Athleten integriert werden.

Deskriptiv sollte so das Niveau der Explosivkraft aufgeteilt nach Sportarten in den verschiedenen Altersklassen, ein Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Athleten und ein Quervergleich von verschiedenen Altersklassen innerhalb einer Sportart dargestellt werden.

Fragestellung

Hauptfragestellung:

Wie hoch ist das Explosivkraftniveau der unteren Extremitäten von Schweizer Nachwuchssportathleten aus verschiedenen Sportarten beim Sprungkrafttest auf Kraftmessplatten?

Nebenfragestellungen:

Wie unterscheidet sich das Sprungkraftniveau zwischen männlichen und weiblichen Athleten der gleichen Sportart in den unterschiedlichen Altersklassen?

Wie ist die Entwicklung der Explosivkraft der gleichen Sportart über die verschiedenen Altersklassen?

Wie gross ist das bilaterale Defizit?

Methode

Probandenauswahl

Die Tests wurden mit 1518 Athleten (870 männlich und 648 weiblich) aus 21 verschiedenen Sportarten (18 männlich und 17 weiblich) in einer Trainingslagerwoche beim «Talenttreff in Tenero (3T)» durchgeführt. Diese Trainingslager fanden immer im Mai und im September statt. Dabei wurden die Daten der Jahre 2004 bis 2011 ausgewertet und in Altersklassen bis 12, 14, 16, 18 und 20 Jahren aufgeteilt. Alle Athleten gehörten nationalen Auswahlmannschaften an. Es wurden nur Athletinnen und Athleten aus Sportarten mit mindestens 3 Athleten pro Alterskategorie und Geschlecht in die Untersuchung aufgenommen.

Testablauf

Die Probanden führten innerhalb der ersten beiden Tage der Trainingslagerwoche den Labor-Sprungkrafttest auf Kraftmessplatten aus. Vor dem Testbeginn wurden die Personalda-

ten (Alter, Sportart, Kadergruppe) erfasst und die Körpergrösse gemessen. Danach erfolgte ein kurzes individuelles Aufwärmprogramm (bis 20 min). Das Körpergewicht wurde beim Beginn des Tests direkt auf der Kraftmessplatte ermittelt.

Testprotokolle

Auf der Kraftmessplatte wurden folgende Sprungformen analog dem standardisierten Protokoll von Swiss Olympic (Tschopp, 2003) absolviert (je 3 Sprünge):

1. Countermovement Jump (CMJ)
2. Squat Jump (SJ)
3. Einbeinige Sprünge links (LL) und rechts (RL).

Bei jedem Sprung bestand die Aufgabe darin, 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.

Parameter

Um die Explosivkraft mit einem physikalischen Parameter zu quantifizieren, hat sich seit einigen Jahren die relative mechanische Leistung, d.h. die Leistung im Verhältnis zum Körpergewicht geeigneter als die Sprunghöhe (Bartoniets, 1992; Bosco, 1992) erwiesen. Da nur wenige Untersuchungen zu diesem Thema im Nachwuchs publiziert worden sind und meistens nur die Sprunghöhe gemessen worden ist, wurde die Sprunghöhe ebenfalls berechnet.

Die Seitendifferenz wurde aus der relativen maximalen Leistung zwischen LL und RL ermittelt. Das bilaterale Defizit (BD) wurde aus der relativen maximalen Leistung mit folgender Formel berechnet:

$$BD = 100 * \left(\frac{CMJ}{LL + RL} - 1 \right).$$

Geräte / Apparaturen

Die Bodenreaktionskräfte bei den Vertikalsprüngen wurden mit Kraftmessplatten (MLD Test Evo 2, SP-Sport; Innsbruck, Österreich) gemessen. Aus den aufgezeichneten Kraft-Zeitverläufen wurde die relative maximale mechanische Leistung (W/kg) und die Sprunghöhe (cm) berechnet.

Statistische Auswertung

Bei jedem Test wurden vom Datenausdruck die Resultate von jedem gültigen Sprung, in Watt pro Kilogramm und in Zentimetern in eine Excel Datenbank überschrieben. Von jeder Sprungart (CMJ, SJ, LL, RL) wurde aus den drei erfassten Sprüngen der Mittelwert gebildet.

Berechnet wurden der Kollektivmittelwert und die Standardabweichung für jeden Parameter. Da die deskriptive Darstellung von sportartspezifischen Referenzwerten im Vordergrund dieser Untersuchung steht, wurde auf eine Interferenzstatistik zur Prüfung von Mittelwertsunterschieden bewusst verzichtet.

Ergebnisse

Die Explosivkraftwerte in Form der relativen maximalen Leistung und der Sprunghöhe einschliesslich des errechneten bilateralen Defizites wurden getrennt nach dem Geschlecht in den *Tabellen 1 und 2* abgebildet.

Tabelle 1: Männliche Athleten: Mittelwerte und Standardabweichungen (kursiv) des Alters, Grösse und Gewicht der Probanden bzw. der erreichten relativen maximalen Leistung (Pmax) in W/kg, der Höhe in cm beim Countermovement

Jump (CMJ,) Squat Jump (SJ), Einbeinige Jumps links bzw. rechts (LL bzw. RL) und des bilateralen Defizits (BD) bei verschiedenen Sportarten und verschiedenen Altersklassen (U12, U14, U16, U18 und U20)

U12	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	Pmax				Höhe				
				CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Kunstturnen (n=4)	11.9 <i>0.1</i>	137.8 <i>6.2</i>	33.0 <i>4.6</i>	45.5 <i>3.5</i>	41.8 <i>3.4</i>	29.0 <i>2.9</i>	29.5 <i>2.3</i>	23.9 <i>1.9</i>	25.0 <i>1.8</i>	14.7 <i>1.9</i>	15.0 <i>2.2</i>	-21.5 <i>11.1</i>
Tennis (33)	11.6 <i>0.5</i>	147.5 <i>6.2</i>	38.2 <i>5.1</i>	40.8 <i>5.3</i>	37.1 <i>3.8</i>	24.3 <i>3.2</i>	24.2 <i>2.3</i>	24.3 <i>3.0</i>	23.3 <i>2.7</i>	13.0 <i>2.2</i>	13.2 <i>1.7</i>	-15.6 <i>8.8</i>
Badminton (3)	11.7 <i>0.1</i>	154.0 <i>2.6</i>	39.6 <i>4.6</i>	38.9 <i>1.7</i>	39.4 <i>3.0</i>	23.0 <i>1.3</i>	23.9 <i>2.3</i>	26.4 <i>3.3</i>	23.6 <i>3.8</i>	12.9 <i>0.9</i>	12.4 <i>1.6</i>	-16.9 <i>4.7</i>

U14	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Eiskunstlauf (n=6)	13.7 <i>0.2</i>	161.2 <i>10.6</i>	49.6 <i>7.7</i>	50.6 <i>4.8</i>	48.6 <i>5.6</i>	31.0 <i>2.0</i>	32.5 <i>1.5</i>	33.6 <i>6.2</i>	31.2 <i>3.5</i>	18.6 <i>1.9</i>	20.4 <i>1.6</i>	-20.4 <i>4.9</i>
Kunstturnen (44)	13.4 <i>0.4</i>	147.5 <i>6.6</i>	40.6 <i>5.5</i>	47.3 <i>5.0</i>	43.0 <i>4.0</i>	27.9 <i>3.1</i>	27.9 <i>3.0</i>	28.5 <i>3.3</i>	27.4 <i>3.1</i>	15.0 <i>2.3</i>	15.2 <i>2.2</i>	-14.8 <i>8.0</i>
Wasserspringen (4)	13.4 <i>0.5</i>	149.3 <i>10.7</i>	40.0 <i>8.6</i>	44.3 <i>5.5</i>	42.2 <i>4.0</i>	26.4 <i>2.8</i>	24.1 <i>3.3</i>	30.8 <i>4.2</i>	29.1 <i>4.8</i>	15.9 <i>1.6</i>	14.5 <i>2.7</i>	-12.3 <i>0.7</i>
Skisprung/ Nord. Kombination (13)	13.5 <i>0.5</i>	156.3 <i>8.2</i>	46.4 <i>7.4</i>	43.5 <i>6.4</i>	42.6 <i>5.7</i>	26.8 <i>3.3</i>	26.6 <i>3.1</i>	31.0 <i>3.7</i>	31.6 <i>5.9</i>	17.2 <i>2.9</i>	17.2 <i>2.6</i>	-18.6 <i>5.7</i>
Eishockey (13)	13.7 <i>0.4</i>	161.3 <i>6.4</i>	52.5 <i>6.8</i>	41.1 <i>5.1</i>	42.1 <i>6.3</i>	26.5 <i>4.3</i>	25.8 <i>5.0</i>	28.4 <i>4.2</i>	29.0 <i>5.2</i>	16.3 <i>3.2</i>	15.6 <i>3.5</i>	-20.3 <i>7.6</i>
Tennis (19)	12.6 <i>0.4</i>	156.1 <i>6.8</i>	44.6 <i>8.2</i>	41.0 <i>4.4</i>	37.9 <i>5.0</i>	24.1 <i>3.3</i>	24.3 <i>3.5</i>	25.5 <i>3.5</i>	24.8 <i>4.1</i>	13.2 <i>2.6</i>	13.6 <i>2.3</i>	-14.5 <i>7.7</i>
Squash (13)	13.3 <i>0.4</i>	158.1 <i>6.7</i>	45.0 <i>6.7</i>	39.9 <i>4.9</i>	37.8 <i>3.8</i>	24.2 <i>2.5</i>	24.5 <i>2.0</i>	24.8 <i>3.6</i>	24.8 <i>3.0</i>	13.4 <i>1.9</i>	13.6 <i>1.5</i>	-18.0 <i>6.8</i>

U16	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
LA-Sprint (n=5)	15.6 <i>0.4</i>	172.6 <i>5.4</i>	66.4 <i>8.6</i>	61.6 <i>1.8</i>	56.8 <i>5.0</i>	36.0 <i>3.9</i>	36.3 <i>2.8</i>	39.5 <i>3.5</i>	39.5 <i>3.4</i>	21.5 <i>4.8</i>	21.6 <i>3.0</i>	-14.1 <i>9.0</i>
Eiskunstlauf (15)	15.2 <i>0.6</i>	167.4 <i>9.0</i>	57.5 <i>7.0</i>	53.6 <i>7.6</i>	50.6 <i>5.2</i>	33.0 <i>4.6</i>	33.6 <i>5.0</i>	36.0 <i>4.3</i>	33.3 <i>4.8</i>	20.3 <i>3.3</i>	21.1 <i>3.5</i>	-19.2 <i>6.8</i>
Judo (10)	15.6 <i>0.4</i>	166.2 <i>7.5</i>	60.7 <i>13.6</i>	52.8 <i>7.4</i>	50.1 <i>7.1</i>	30.7 <i>4.1</i>	29.5 <i>5.2</i>	34.0 <i>5.7</i>	33.4 <i>6.2</i>	18.0 <i>3.1</i>	17.1 <i>4.2</i>	-11.8 <i>7.7</i>
Volleyball (53)	14.4 <i>0.5</i>	185.4 <i>7.7</i>	72.9 <i>8.8</i>	52.2 <i>6.7</i>	48.1 <i>6.3</i>	30.7 <i>4.0</i>	30.9 <i>3.9</i>	37.2 <i>4.5</i>	34.6 <i>4.8</i>	19.3 <i>3.3</i>	19.7 <i>3.0</i>	-15.0 <i>6.7</i>
Handball (85)	15.4 <i>0.4</i>	182.0 <i>7.2</i>	73.7 <i>9.1</i>	50.8 <i>5.6</i>	46.9 <i>5.0</i>	31.3 <i>3.6</i>	31.0 <i>3.7</i>	34.4 <i>4.4</i>	32.8 <i>4.1</i>	19.4 <i>2.5</i>	19.4 <i>2.9</i>	-18.1 <i>6.9</i>
Kunstturnen (49)	14.9 <i>0.5</i>	156.8 <i>8.0</i>	49.1 <i>8.1</i>	49.9 <i>7.1</i>	45.6 <i>4.8</i>	30.2 <i>3.8</i>	30.2 <i>3.7</i>	31.8 <i>4.2</i>	29.8 <i>3.7</i>	17.8 <i>3.2</i>	18.1 <i>3.3</i>	-17.1 <i>8.9</i>
Ski Freestyle (3)	14.9 <i>0.2</i>	176.7 <i>2.1</i>	62.1 <i>7.9</i>	49.2 <i>9.7</i>	44.3 <i>7.1</i>	29.7 <i>6.0</i>	28.5 <i>4.2</i>	30.0 <i>4.7</i>	29.9 <i>7.4</i>	16.3 <i>3.9</i>	16.6 <i>2.7</i>	-15.5 <i>7.5</i>
Skisprung/Nord. Kombination (35)	15.0 <i>0.6</i>	169.0 <i>7.8</i>	56.1 <i>6.4</i>	48.2 <i>4.8</i>	46.3 <i>4.0</i>	28.6 <i>2.7</i>	28.8 <i>2.6</i>	36.3 <i>4.5</i>	34.0 <i>3.7</i>	18.7 <i>2.6</i>	18.9 <i>2.2</i>	-16.0 <i>5.1</i>
Unihockey (20)	15.7 <i>0.4</i>	174.6 <i>4.9</i>	63.7 <i>6.1</i>	48.0 <i>4.9</i>	45.5 <i>5.1</i>	30.3 <i>4.4</i>	29.5 <i>3.6</i>	33.0 <i>3.5</i>	32.1 <i>4.6</i>	18.4 <i>3.2</i>	18.3 <i>2.7</i>	-19.3 <i>5.2</i>
Schwimmen (10)	15.4 <i>0.5</i>	178.6 <i>7.2</i>	68.6 <i>6.2</i>	47.0 <i>5.6</i>	47.4 <i>6.7</i>	27.3 <i>3.0</i>	28.3 <i>3.0</i>	33.9 <i>5.1</i>	33.0 <i>5.5</i>	17.1 <i>2.8</i>	18.3 <i>2.9</i>	-15.1 <i>10.3</i>
Wasserspringen (4)	14.9 <i>0.5</i>	158.5 <i>10.2</i>	49.5 <i>14.1</i>	46.3 <i>7.0</i>	42.5 <i>3.4</i>	29.2 <i>3.6</i>	27.2 <i>2.8</i>	31.2 <i>5.1</i>	28.9 <i>4.3</i>	17.2 <i>2.0</i>	16.4 <i>2.2</i>	-17.9 <i>8.3</i>
Squash (19)	14.8 <i>0.5</i>	168.6 <i>8.5</i>	58.1 <i>11.2</i>	46.0 <i>5.3</i>	42.5 <i>6.2</i>	27.0 <i>3.7</i>	27.3 <i>3.5</i>	29.6 <i>5.1</i>	27.9 <i>4.8</i>	15.0 <i>2.9</i>	15.4 <i>2.6</i>	-15.0 <i>4.7</i>
Tennis (5)	14.4 <i>0.3</i>	167.6 <i>10.7</i>	54.6 <i>10.2</i>	43.9 <i>3.9</i>	40.5 <i>0.8</i>	26.5 <i>3.6</i>	26.6 <i>2.8</i>	29.4 <i>2.3</i>	28.7 <i>1.8</i>	16.0 <i>2.1</i>	16.1 <i>1.6</i>	-16.7 <i>9.9</i>
Snowboard (7)	15.1 <i>0.5</i>	168.7 <i>6.1</i>	57.2 <i>9.0</i>	43.5 <i>6.0</i>	42.8 <i>4.6</i>	27.2 <i>3.6</i>	25.6 <i>3.5</i>	29.6 <i>3.8</i>	27.6 <i>4.2</i>	16.7 <i>3.2</i>	15.1 <i>3.2</i>	-17.5 <i>6.4</i>
Eishockey (18)	14.6 <i>0.7</i>	172.1 <i>8.5</i>	66.3 <i>10.6</i>	42.9 <i>7.4</i>	41.5 <i>7.4</i>	26.7 <i>4.9</i>	26.2 <i>4.4</i>	29.1 <i>5.8</i>	28.5 <i>5.9</i>	16.3 <i>3.9</i>	16.1 <i>3.7</i>	-18.7 <i>5.1</i>

U18	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
LA-Sprint (n=24)	16.8 <i>0.5</i>	177.5 <i>6.8</i>	70.6 <i>5.6</i>	66.6 <i>7.6</i>	62.2 <i>6.5</i>	38.3 <i>3.7</i>	38.8 <i>4.2</i>	45.0 <i>4.4</i>	42.9 <i>5.2</i>	24.9 <i>3.2</i>	25.3 <i>3.1</i>	-13.6 <i>6.5</i>
Eiskunstlauf (8)	16.6 <i>0.6</i>	173.1 <i>8.0</i>	64.0 <i>7.3</i>	54.2 <i>5.4</i>	50.3 <i>4.5</i>	31.2 <i>3.9</i>	32.8 <i>2.8</i>	36.6 <i>4.9</i>	34.6 <i>4.1</i>	20.3 <i>3.7</i>	21.7 <i>3.6</i>	-14.9 <i>8.2</i>
Basketball (16)	17.1 <i>0.5</i>	190.6 <i>8.4</i>	79.7 <i>12.3</i>	54.0 <i>9.2</i>	49.5 <i>8.2</i>	32.5 <i>4.8</i>	31.5 <i>5.4</i>	36.4 <i>6.3</i>	35.2 <i>6.4</i>	21.1 <i>4.4</i>	19.9 <i>4.5</i>	-15.7 <i>6.1</i>
Eishockey (60)	17.0 <i>0.3</i>	179.2 <i>5.7</i>	77.9 <i>15.8</i>	54.2 <i>5.9</i>	50.9 <i>5.2</i>	32.6 <i>3.6</i>	32.5 <i>3.6</i>	35.7 <i>3.8</i>	35.3 <i>3.6</i>	20.4 <i>2.6</i>	20.3 <i>2.8</i>	-16.6 <i>6.8</i>
Volleyball (50)	16.6 <i>0.4</i>	185.7 <i>6.1</i>	74.5 <i>8.0</i>	53.8 <i>5.0</i>	50.7 <i>5.3</i>	32.3 <i>3.4</i>	32.1 <i>3.1</i>	38.6 <i>3.8</i>	36.5 <i>4.4</i>	20.7 <i>2.6</i>	20.6 <i>2.3</i>	-16.1 <i>7.2</i>
Squash (11)	16.9 <i>0.6</i>	177.6 <i>8.3</i>	67.9 <i>9.0</i>	51.9 <i>6.7</i>	50.1 <i>5.0</i>	29.6 <i>4.3</i>	30.5 <i>3.4</i>	35.6 <i>5.2</i>	33.6 <i>5.6</i>	18.2 <i>3.6</i>	19.0 <i>3.1</i>	-13.4 <i>6.0</i>
Handball (35)	16.5 <i>0.3</i>	185.8 <i>6.4</i>	78.8 <i>7.9</i>	51.5 <i>5.9</i>	48.6 <i>6.4</i>	32.1 <i>3.8</i>	31.5 <i>3.9</i>	36.6 <i>4.8</i>	34.5 <i>4.4</i>	20.6 <i>3.1</i>	20.6 <i>3.3</i>	-18.7 <i>5.2</i>
Fechten (3)	16.3 <i>0.2</i>	178.0 <i>7.2</i>	69.9 <i>1.4</i>	51.4 <i>1.3</i>	48.3 <i>3.4</i>	30.5 <i>4.6</i>	28.9 <i>2.9</i>	36.1 <i>1.9</i>	33.1 <i>4.4</i>	17.7 <i>3.8</i>	17.3 <i>1.4</i>	-12.7 <i>9.8</i>
Skisprung/Nord. Kombination (16)	16.8 <i>0.5</i>	172.7 <i>8.2</i>	60.7 <i>5.9</i>	51.1 <i>4.4</i>	49.1 <i>4.0</i>	31.1 <i>4.1</i>	31.8 <i>3.6</i>	39.9 <i>5.8</i>	36.7 <i>4.8</i>	20.9 <i>3.9</i>	22.2 <i>3.8</i>	-18.2 <i>7.3</i>
Unihockey (102)	17.1 <i>0.5</i>	178.9 <i>6.2</i>	70.9 <i>7.3</i>	50.9 <i>5.5</i>	47.8 <i>5.0</i>	31.3 <i>3.7</i>	31.3 <i>3.6</i>	34.8 <i>4.1</i>	33.4 <i>3.9</i>	19.5 <i>3.3</i>	19.5 <i>3.0</i>	-18.4 <i>6.2</i>
Kunstturnen (12)	17.0 <i>0.5</i>	169.7 <i>4.1</i>	64.3 <i>5.5</i>	50.8 <i>5.0</i>	48.0 <i>5.2</i>	32.7 <i>3.1</i>	32.2 <i>2.8</i>	34.0 <i>2.7</i>	31.5 <i>3.2</i>	20.6 <i>2.4</i>	20.2 <i>2.1</i>	-21.6 <i>6.6</i>
Judo (4)	16.5 <i>0.2</i>	172.0 <i>6.6</i>	67.0 <i>11.2</i>	50.7 <i>4.0</i>	48.4 <i>6.4</i>	31.0 <i>1.6</i>	31.3 <i>2.0</i>	34.6 <i>5.2</i>	33.1 <i>4.3</i>	19.6 <i>3.0</i>	19.0 <i>3.2</i>	-18.7 <i>2.3</i>
Schwimmen (13)	16.8 <i>0.7</i>	183.2 <i>6.6</i>	72.9 <i>9.1</i>	50.5 <i>5.1</i>	48.0 <i>5.3</i>	28.7 <i>3.0</i>	28.2 <i>3.5</i>	35.2 <i>4.2</i>	33.1 <i>4.2</i>	17.6 <i>2.4</i>	17.5 <i>2.9</i>	-11.1 <i>4.6</i>
Snowboard (5)	16.7 <i>0.4</i>	176.0 <i>4.9</i>	68.2 <i>12.8</i>	48.5 <i>8.1</i>	48.0 <i>9.1</i>	28.8 <i>4.9</i>	29.1 <i>2.6</i>	35.6 <i>5.3</i>	34.7 <i>7.1</i>	18.2 <i>5.0</i>	18.3 <i>1.8</i>	-16.4 <i>6.6</i>

U20	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Skisprung/Nord. Kombination (n=7)	18.5 <i>0.4</i>	178.0 <i>6.1</i>	66.6 <i>5.7</i>	51.3 <i>4.5</i>	49.9 <i>2.3</i>	30.1 <i>2.5</i>	31.1 <i>1.8</i>	41.6 <i>1.9</i>	38.9 <i>2.3</i>	20.3 <i>1.9</i>	21.6 <i>2.1</i>	-16.2 <i>3.5</i>
Unihockey (14)	18.2 <i>0.1</i>	180.0 <i>5.2</i>	72.4 <i>7.5</i>	51.1 <i>7.7</i>	48.0 <i>5.9</i>	32.1 <i>4.0</i>	31.1 <i>4.1</i>	34.0 <i>5.4</i>	32.9 <i>4.8</i>	20.3 <i>3.3</i>	19.0 <i>2.9</i>	-19.1 <i>6.4</i>

Tabelle 2: Weibliche Athleten: Mittelwerte und Standardabweichungen (kursiv) des Alters, Grösse und Gewicht der Probanden bzw. der erreichten relativen maximalen Leistung (Pmax) in W/kg, der Höhe in cm beim Countermovement

Jump (CMJ), Squat Jump (SJ), Einbeinige Jumps links bzw. rechts (LL bzw. RL) und des bilateralen Defizits (BD) bei verschiedenen Sportarten und verschiedenen Altersklassen (U12, U14, U16, U18 und U20)

				Pmax				Höhe				
U12	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Kunstturnen (n=35)	11.1 <i>0.7</i>	135.8 <i>5.8</i>	30.1 <i>3.5</i>	44.5 <i>5.2</i>	43.3 <i>4.5</i>	27.2 <i>3.7</i>	27.7 <i>3.4</i>	25.7 <i>4.0</i>	26.7 <i>4.3</i>	14.3 <i>3.1</i>	14.7 <i>2.8</i>	-18.3 <i>9.5</i>
Tennis (14)	10.8 <i>1.1</i>	149.9 <i>6.6</i>	39.8 <i>7.6</i>	42.0 <i>4.7</i>	38.1 <i>4.5</i>	24.9 <i>2.5</i>	25.5 <i>3.0</i>	25.2 <i>3.9</i>	24.1 <i>3.5</i>	13.2 <i>2.2</i>	14.0 <i>2.5</i>	-16.6 <i>4.7</i>

U14	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Kunstturnen (n=40)	13.0 <i>0.5</i>	147.6 <i>5.3</i>	38.3 <i>5.0</i>	46.6 <i>5.0</i>	44.4 <i>3.9</i>	28.6 <i>4.0</i>	29.1 <i>3.2</i>	26.9 <i>3.5</i>	27.7 <i>2.9</i>	14.8 <i>2.5</i>	15.6 <i>2.1</i>	-18.8 <i>8.8</i>
Eiskunstlauf (12)	13.2 <i>0.5</i>	158.3 <i>6.9</i>	45.8 <i>5.4</i>	44.4 <i>4.5</i>	43.1 <i>3.9</i>	28.1 <i>2.6</i>	28.7 <i>2.9</i>	29.4 <i>3.6</i>	28.5 <i>3.9</i>	16.6 <i>2.2</i>	17.3 <i>2.6</i>	-21.5 <i>7.8</i>
Tennis (12)	12.9 <i>0.6</i>	157.3 <i>8.2</i>	46.7 <i>6.4</i>	44.4 <i>3.3</i>	39.4 <i>3.1</i>	26.8 <i>3.5</i>	25.6 <i>3.2</i>	27.4 <i>2.7</i>	24.8 <i>2.7</i>	15.1 <i>2.3</i>	14.0 <i>2.0</i>	-14.3 <i>9.5</i>
Volleyball (31)	13.5 <i>0.5</i>	173.6 <i>5.1</i>	59.8 <i>5.0</i>	40.9 <i>5.4</i>	38.7 <i>3.8</i>	24.2 <i>3.4</i>	24.8 <i>3.5</i>	26.9 <i>3.2</i>	25.6 <i>3.1</i>	13.8 <i>2.2</i>	14.5 <i>2.3</i>	-16.1 <i>6.7</i>
Wasserspringen (4)	12.6 <i>0.6</i>	146.3 <i>10.2</i>	38.8 <i>7.4</i>	40.8 <i>2.3</i>	37.9 <i>2.3</i>	23.8 <i>1.6</i>	23.2 <i>2.5</i>	25.8 <i>3.8</i>	23.7 <i>3.3</i>	12.9 <i>1.4</i>	13.3 <i>2.5</i>	-13.1 <i>3.6</i>
Schwimmen (7)	13.0 <i>0.6</i>	163.7 <i>6.2</i>	53.5 <i>5.4</i>	38.3 <i>3.6</i>	37.6 <i>3.6</i>	23.9 <i>2.5</i>	23.2 <i>1.6</i>	25.2 <i>3.4</i>	23.9 <i>3.4</i>	13.8 <i>2.0</i>	13.4 <i>1.9</i>	-18.7 <i>7.5</i>
Squash (5)	13.4 <i>0.6</i>	163.0 <i>4.2</i>	47.0 <i>5.4</i>	35.3 <i>3.3</i>	34.6 <i>4.2</i>	22.3 <i>4.4</i>	22.6 <i>2.5</i>	22.8 <i>1.8</i>	23.1 <i>3.2</i>	12.1 <i>2.7</i>	13.1 <i>1.8</i>	-20.3 <i>9.7</i>

U16	Alter (years)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
LA Sprint (n=6)	15.7 0.2	167.3 5.5	60.7 8.6	55.2 4.1	54.3 3.7	33.6 2.2	33.8 2.4	35.9 3.0	35.0 2.8	21.0 2.5	21.9 1.9	-18.0 4.7
LA Sprung (5)	15.1 0.8	172.8 6.7	62.4 6.5	47.7 6.9	45.6 6.0	28.6 1.1	29.4 2.0	31.1 4.0	29.6 5.6	17.8 1.0	18.2 1.8	-17.9 11.4
LA Wurf (4)	15.5 0.6	168.0 0.0	62.0 2.9	47.0 4.9	45.6 6.3	27.3 3.5	27.6 3.4	32.3 4.0	29.4 4.7	16.7 2.7	16.7 2.8	-14.1 5.1
Eiskunstlauf (29)	15.1 0.6	161.3 5.6	51.8 7.0	46.5 5.4	43.5 4.8	28.7 3.6	29.3 3.3	30.4 4.2	28.6 3.7	16.9 2.9	17.6 2.8	-19.6 6.4
Kunstturnen (19)	14.3 0.2	153.3 3.2	45.3 3.6	45.9 5.2	43.4 3.8	28.6 3.6	30.0 3.5	27.0 4.2	26.6 3.3	15.1 2.4	15.9 2.6	-21.3 8.1
Volleyball (90)	14.9 0.6	174.8 6.3	63.3 6.4	45.5 5.2	42.0 4.4	26.3 2.9	26.7 2.8	30.4 4.0	28.5 3.7	15.7 2.4	16.2 2.4	-14.0 7.1
Fussball (23)	15.3 0.4	163.7 4.9	55.9 7.1	45.4 5.9	41.0 3.7	28.1 3.2	28.0 3.2	26.3 4.1	26.5 3.4	15.6 2.0	15.4 2.0	-18.8 7.5
Unihockey (19)	15.7 0.3	163.2 7.4	57.4 7.0	44.9 5.4	42.2 4.1	26.3 3.4	27.0 2.2	27.1 3.6	27.6 3.6	15.0 2.3	16.0 2.1	-15.8 5.8
Fechten (4)	15.5 0.3	162.5 5.6	60.7 8.1	43.9 2.6	40.7 4.6	23.5 1.5	25.9 2.4	25.8 1.9	25.7 4.5	12.7 1.2	13.9 1.0	-10.9 4.5
Handball (24)	15.4 0.4	169.1 6.5	64.0 5.9	43.2 5.6	39.9 3.9	27.0 3.9	26.9 3.7	27.0 3.2	26.3 3.6	15.5 2.7	15.4 2.8	-19.5 5.8
Wasserspringen (3)	15.0 0.2	161.3 5.1	47.5 5.6	42.9 3.6	41.5 5.4	24.1 1.5	26.4 1.4	26.7 2.6	27.8 5.7	14.0 2.0	15.7 1.4	-15.2 3.4
Tennis (5)	14.4 0.5	166.0 6.2	61.1 2.7	42.0 2.3	40.0 1.8	24.4 1.9	23.8 1.8	26.9 1.4	26.6 1.8	14.3 1.6	14.2 1.3	-12.9 4.2
Judo (10)	15.4 0.4	158.8 5.7	51.4 5.6	41.8 6.2	40.2 5.4	24.3 3.1	25.0 3.5	24.3 3.7	24.3 3.5	12.4 2.1	13.0 2.7	-15.3 7.0
Squash (8)	15.1 0.4	164.9 5.5	54.8 3.7	41.1 4.3	39.4 4.6	25.1 2.2	24.1 2.2	25.6 4.3	25.7 3.0	14.1 1.7	13.6 1.9	-16.6 5.3
Schwimmen (8)	14.3 0.1	165.0 7.1	55.0 7.9	40.9 5.3	38.7 5.3	23.8 3.2	23.9 2.0	27.0 3.2	26.1 4.3	13.8 2.4	13.9 1.7	-14.3 6.3
Snowboard (6)	15.4 0.4	163.6 1.8	54.3 5.8	40.8 5.5	38.9 7.0	22.4 3.1	22.7 4.0	26.7 4.1	24.8 4.2	12.8 2.7	12.9 3.3	-9.4 5.1

U18	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
LA Sprint (n=19)	16.8 0.5	168.3 4.5	58.9 6.2	55.1 4.5	51.0 4.5	30.7 2.5	31.8 2.7	35.3 3.3	34.1 5.3	19.2 3.2	20.0 3.5	-11.5 6.6
LA Sprung (12)	16.8 0.5	176.3 5.3	63.4 5.0	51.2 7.9	46.9 4.9	29.9 3.9	30.0 3.9	32.4 4.4	30.4 4.8	18.3 3.1	18.2 3.0	-14.4 9.5
Fussball (6)	16.5 0.3	166.0 4.7	60.1 6.6	48.6 4.8	43.7 4.6	30.5 4.5	29.6 4.5	28.7 4.5	28.1 4.3	17.3 3.0	16.8 2.9	-18.2 9.7
Eiskunstlauf (8)	16.8 0.4	163.5 5.4	58.0 9.0	48.2 4.2	45.1 3.1	29.7 2.1	30.3 2.7	29.6 3.2	28.8 2.3	17.0 1.0	17.4 1.5	-19.6 6.3
Squash (5)	16.7 0.6	167.4 5.0	62.8 6.2	45.5 3.7	42.8 5.6	25.0 2.5	25.4 3.3	30.4 2.9	28.9 4.9	14.4 2.3	14.8 2.9	-9.4 4.5
Volleyball (26)	16.6 0.5	176.2 6.3	66.4 8.6	45.5 6.2	41.9 4.6	27.5 4.1	26.9 3.4	29.9 5.2	28.4 4.1	16.3 3.3	16.2 2.9	-16.0 8.9
Handball (50)	16.8 0.5	169.9 6.1	65.9 7.9	45.1 6.0	40.5 3.9	27.6 3.7	27.7 3.4	27.4 3.1	26.6 3.2	15.5 2.3	15.8 2.3	-18.2 6.3
Unihockey (70)	17.0 0.5	165.0 5.8	62.1 8.7	43.3 5.5	39.9 5.4	25.8 3.2	25.9 3.6	26.4 3.7	25.8 3.6	14.6 2.3	14.9 2.6	-16.0 6.4
Basketball (8)	17.2 0.7	172.6 6.2	67.0 9.6	41.7 7.1	39.6 4.9	25.1 3.7	23.9 2.5	28.5 4.3	26.7 4.2	15.0 2.3	14.2 1.6	-15.4 6.8
Snowboard (4)	16.4 0.3	167.7 0.6	59.9 9.6	36.5 5.5	35.5 2.2	22.4 3.0	22.5 2.6	23.5 4.1	23.6 3.9	12.7 2.0	12.6 2.0	-18.8 4.0

U20	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)	CMJ (W/kg)	SJ (W/kg)	LL (W/kg)	RL (W/kg)	CMJ (cm)	SJ (cm)	LL (cm)	RL (cm)	BD (%)
Handball (n=6)	18.5 0.6	167.3 6.9	66.6 2.5	46.7 6.9	41.7 5.5	27.4 4.9	27.9 4.5	28.7 4.8	27.2 3.4	15.8 2.9	17.1 3.6	-15.4 5.5
Unihockey (11)	18.2 0.1	167.7 5.6	63.1 6.0	42.8 5.9	39.9 4.0	24.7 3.2	25.4 3.4	27.2 3.1	26.2 2.6	14.3 2.4	14.9 2.3	-14.5 5.6

In der *Abbildung 1* (Mittelwert aus verschiedenen Sportarten) und *2* (aufgeteilt nach Sportarten) ist die relative maximale Leistung beim Countermovement Jump (CMJ) der weiblichen Athleten in % zu der Leistung der männlichen Athleten in den Altersklassen (dabei entsprechen die Leistung der männlichen Athleten 100%) in den verschiedenen Altersklassen dargestellt. Dabei wurden nur Sportarten mit einbezogen, bei welchen in der dazugehörigen Altersklasse Werte sowohl von männlichen als auch von weiblichen Athleten gemessen wurden. Während bei den 12-jährigen das Leistungsniveau der Explosivkraft der Mädchen (durchschnittlich über alle Sportarten) praktisch gleich der Jungen ist, nimmt es im prozentualen Verhältnis zum Leistungsniveau der Jungen mit steigendem Alter kontinuierlich ab.

In der *Abbildung 3* sind die absoluten Werte der relativen maximalen Leistung der weiblichen und männlichen Athleten im Quervergleich in den verschiedenen Altersklassen – exemplarisch in drei Sportarten abgebildet. Dabei kann bei den männlichen Athleten eine kontinuierliche Zunahme beobachtet werden. Bei den weiblichen Athleten erfolgt dagegen ab der Altersklasse 16 sogar eine tendenzielle Abnahme der relativen maximalen Leistung.

Diskussion

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass für die optimale Erbringung einer sportlichen Leistung ein bestimmtes Niveau an Explosivkraft notwendig ist. Die Höhe der Explosivkraft leitet sich aus dem Anforderungsprofil der jeweiligen Sportart ab. Sie resultiert aus einem komplexen Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Kontaktzeit auf unterschiedlichen Bodenbelägen (Tartan, Hallenboden, Schnee, Eis), der Wettkampfzeit oder der zweckmässigen Körpermasse (Bob vs. Skisprung). In der vorliegenden Untersuchung entsprechen die gemessenen Mittelwerte der Sportarten weitgehend den jeweils abgeleiteten Anforderungsprofilen. So ist die notwendige Explosivkraft der unteren Extremitäten beim leichtathletischen Sprint sicher höher als in Spisportarten und diese wieder besser als im Schwimmen. Während in einzelnen Sportarten die Explosivkraft eine wichtige Voraussetzung für die Leistungserbringung ist (Ski alpin, Spisportarten), hat sie in anderen Sportarten einen sehr direkten Bezug zum Wettkampfergebnis (Sprint, Bob, Skisprung). Beispielsweise entspricht beim Skisprung eine verminderte Absprunggeschwindigkeit von 0.3 m/s einem Weitenverlust von zirka 3 m (Manke, Müller & Kreibich, 2005) und auch beim Bobsport ist die Bedeutung der Startzeit (und damit der Explosivkraft) in Bezug auf die Gesamtzeit durch biomechanische Analysen (Brüggemann, Morlock & Zatsiorsky, 1997) bewiesen.

Werden die hier dargestellten «Rangierungen» der Sportarten in den Altersklassen betrachtet, wird sichtbar, dass die «logische» Ordnung laut der Leistungsstruktur leicht verschoben ist. Besonders für die Altersklassen bis 14 Jahre ist das hohe Niveau der technisch-kompositorischen Sportarten (Kunstturnen, Eiskunstlauf, Wasserspringen) und Tennis auffallend. Diese sind wahrscheinlich durch die höheren Trainingsumfänge gegenüber anderen Sportarten begründbar. In den älteren Klassen beeinflussen wahrscheinlich auch Faktoren wie die generelle Bedeutung der Sportart im Land, der Abstand zur Weltspitze und die Organisation innerhalb des jeweiligen Verbandes die Resultate. Um einen möglichst umfassenden Überblick zu erhalten, wurden auch Sportarten mit

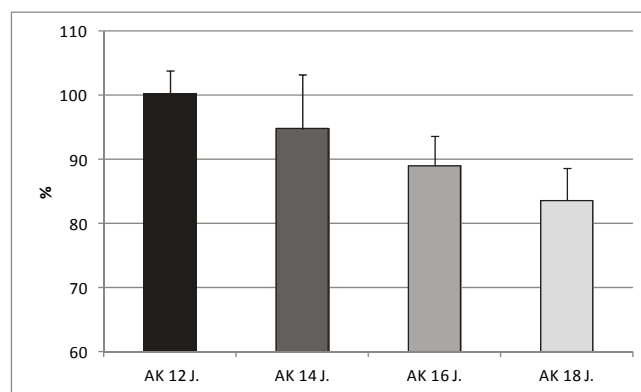


Abbildung 1: Mittelwerte der relativen maximalen Leistung beim Countermovement Jump (CMJ) der weiblichen Athleten aller Sportarten in % zu der Leistung der männlichen Athleten in den Altersklassen (AK) 12, 14, 16, 18 und 20 Jahren (dabei entsprechen die Leistung der männlichen Athleten 100%).

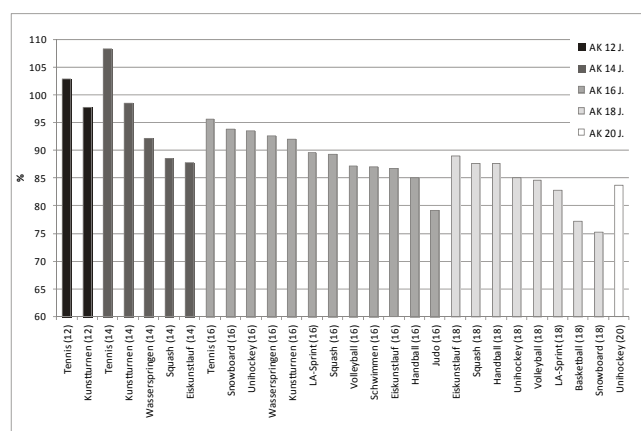


Abbildung 2: Relative maximale Leistung beim Countermovement Jump (CMJ) der weiblichen Athleten einer Sportart in % zu der Leistung der männlichen Athleten in den Altersklassen (AK) 12, 14, 16, 18 und 20 Jahren (dabei entsprechen die Leistung der männlichen Athleten 100%).

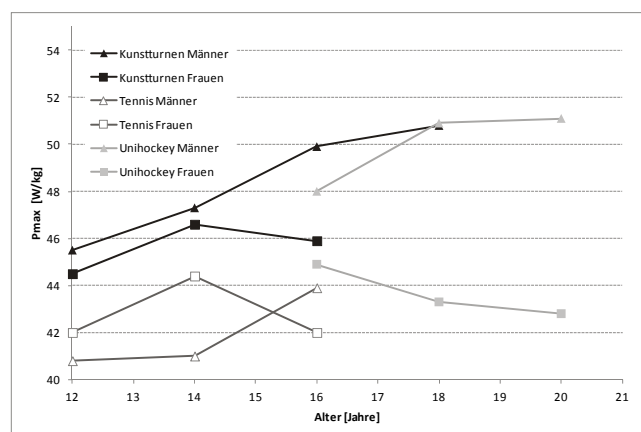


Abbildung 3: Mittelwerte der relativen maximalen Leistung (Pmax) beim Countermovement Jump (CMJ) der männlichen und weiblichen Athleten der Sportarten Kunstturnen, Tennis und Unihockey in verschiedenen Altersklassen.

einer kleinen Probandenanzahl (von $n=3$ bis $n=10$) einbezogen. Bei kleinen Probandengruppen ist bei der Interpretation die entsprechende Vorsicht geboten.

Der Vergleich der hier erzielten Werte zu anderen Studien ist aus zwei Gründen problematisch. Einerseits sind in der Literatur kaum Messungen in Nachwuchskadern vorhanden und andererseits wurden diese Untersuchungen mit unterschied-

lichen Messmethoden oder Parametern durchgeführt. Oft wurde nur die Sprunghöhe und nicht die relative maximale Leistung ermittelt (Bencke et. al., 2002; Cortis et. al., 2011; Fort et.al., 2012; Vesconi et. al., 2011). Diese Sprunghöhen können dabei sehr unterschiedlich berechnet werden (über Kraft-Zeit-Verläufe bei Kraftmessplatten, über die Flugzeit bei optischen Verfahren). So können bei Messgeräten, welche die Sprunghöhen nur über die Flugzeit bestimmen, systematisch 4 bis 9 cm zu hohe Werte gegenüber Kraftmessplatten und aufgrund von «Landefehlern» noch Messfehler bis zu 25% entstehen (Grossenbacher et. al., 1998).

Bei der Betrachtung des Sprungkraftniveaus zwischen Jungen und Mädchen der gleichen Sportart zeigt sich bei den 12-jährigen ein ähnliches Niveau und mit steigendem Alter eine zunehmende Leistungsdominanz der Jungen (siehe Abb. 1 bis 3). Diese resultiert, weil sich die Jungen über die Altersklassen in den meisten Sportarten rasanter entwickeln als die Mädchen, die kleinere Zuwächse verzeichnen, in einigen Sportarten stagnieren oder gar einen Leistungsabfall verzeichnen (Bsp. Unihockey, Tennis). Diese Beobachtung bestätigen Bencke et. al. (2002), die beim CMJ und SJ keinen signifikanten Höhenunterschied zwischen 11-jährigen Mädchen und Jungen in den Sportarten Schwimmen, Tennis, Handball und Kunstturnen fanden. Auch Temfeno et al. (2009) fanden bei 11-jährigen französischen Schülern zwischen Mädchen und Jungen identische Höhen beim CMJ und SJ. Danach entwickelten sich die Jungen (mit etwa 3 cm pro Jahr beim CMJ) ebenfalls bis zum untersuchten 16. Jahr schneller als die Mädchen. Als mögliche Ursache ist die unterschiedliche biologische Entwicklung zu nennen. Bei den Jungen nimmt während und nach der Pubertät die Kraft in stärkerem Ausmass zu als bei den Mädchen, wobei vor allem die unterschiedlichen hormonellen Einflüsse (Testosteron) in dieser Entwicklungsphase in der zugrunde liegenden stärkeren Zunahme der Muskelmasse bei den Jungen eine Rolle spielen (De Ste Croix, 2008). Es kann im Weiteren davon ausgegangen werden, dass mit zunehmendem Alter auch Unterschiede im Trainingsumfang und in der Trainingsmethodik zum beobachteten Unterschied beitragen. Es muss bei der Interpretation der Ergebnisse eingeschränkt werden, dass es sich bei der vorliegenden Untersuchung um einen Querschnittvergleich der verschiedenen Altersklassen handelt und damit nicht von einer Entwicklung im eigentlichen Sinne gesprochen werden kann. Allerdings decken sich die Ergebnisse mit jenen aus Längsschnittstudien weitgehend (De Ste Croix, 2008).

Das Phänomen, dass die Summe der unilateral links und rechts erzeugten Maximal- oder Explosivkraft nicht der beidbeinigen (beidarmigen) Werte entspricht, wird als bilaterales Defizit bezeichnet (Kibele, Müller & Bürle, 1989). Ursachen für die unterschiedlichen Mittelwerte des bilateralen Defizits sind möglicherweise verschiedene exzentrische und konzentrische Kraftanforderungen ein- und beidbeinig, die im jeweiligen Anforderungsprofil enthalten sind (Hübner, 2009). Bei Sportarten mit einbeinig grossen exzentrischen Belastungen wie «stop and go»-Bewegungen oder einbeinigen Landungen entstehen demnach grössere negative Werte (Eishockey ♂ U16: -20.3%, Fussball ♀ U16: -18.8%, Unihockey ♂ U16: -19.3%, Eiskunstlauf ♀ U14: -21.5%) und bei Sportarten mit eher beidbeinigem Charakter und wenig einbeinig exzentrischer Anforderung resultieren kleinere negative Werte (Kunstturnen ♂ U14: -14.5%, Wasserspringen ♂ U14: -12.3%, Volleyball ♀ U16: -14.0%, Schwimmen ♀ U16: -14.3%). Da die individuelle Abweichung vom Mittelwert der Sportart als

Trainingsempfehlung für vermehrt ein- oder auch beidbeinige Kraft- und Sprungkraftformen eingesetzt wird, könnten auch Trainingseffekte im Nachwuchs die typischen Anforderungsprofile überlagern. Ob im Training nur (oder vor allem) einbeinige oder nur beidbeinige Sprungformen für die Verbesserung der Explosivkraft effektiver sind, ist laut Kraemer und Newton (1994) weiterhin unklar, da es keine definitiven Studien gibt. Wahrscheinlicher ist auch ein individuell abgestimmter Reizwechsel zwischen vermehrt ein- oder beidbeinigen Übungsformen zu bevorzugen.

Schlussfolgerungen:

- Mit zunehmenden Alter nähert sich die Grösse der Explosivkraftwerte im Nachwuchsbereich dem Anforderungsprofil der jeweiligen Sportart an.
- Bei den 12-jährigen ist das Explosivkraftniveau der unteren Extremitäten zwischen Jungen und Mädchen ähnlich. Danach entwickeln sich Jungen immer besser und so entsteht zunehmend eine Differenz von bis zu ca. 17% ab dem 18. Lebensjahr.
- Die vorliegende Dokumentation aus 19 sportartspezifischen Kadermittelwerten im Altersbereich zwischen 12 und 20 Jahren kann als Referenz für die Beurteilung des Explosivkraftniveaus der unteren Extremitäten in der Leistungsdiagnostik herangezogen werden. Diese kann als Basis für eine sportgerechte individuelle Beratung verwendet werden.

Dank an:

- Bixio Caprara (Chef Nationales Jugendsportzentrum Tenero, CST) und Cornel Hollenstein (Abteilungsleiter Spitzensport, Swiss Olympic) für die Organisation des 3T.

Korrespondenzadresse:

Dr. phil. Klaus Hübner, Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM, 2532 Magglingen, klaus.huebner@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

- Bartonietz K. (1992): Effektivität im Krafttraining –Erfahrungen der Praxis und Erkenntnisse aus Biomechanik und Trainingswissenschaft. *Leistungssport*, (5): 5–14.
- Bencke J., Damsgaard R., Sarkmose A., Jorgensen P., Jorgensen K., Klausen K. (2002): Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports*, 12: 171–178.
- Bosco C. (1992): Eine neue Methodik zur Einschätzung und Programmierung des Trainings. *Leistungssport*, (5): 21–28.
- Brüggemann G.-P., Morlock M., Zatsiorsky V.M. (1997): Analysis of the Bobsled and Men's Luge Events at the XVII Olympic Winter Games in Lillehammer. *Journal of Applied Biomechanics*, (13): 98–108.
- Cortis C., Tessitore A., Lupo C., Pesce C., Fossile E., Figura F., Caprannica L. (2011): Inter-Limb Coordination, Strength, Jump, and Sprint Performances Following a Youth Men's Basketball Game. *Journal of Strength Conditioning Research*, 25(1): 135–142.
- De Ste Croix M. (2008): Muscle strength. In: Armstrong N., van Mechelen W. *Paediatric Exercise Science and Medicine*. Oxford University Press.: 199–212.
- Fort A., Romero D., Bagur C., Guerra M. (2012): Effects of Whole-Body Vibration Training on Explosive Strength and Postural Control in Young

- Female Athletes. *Journal of Strength Conditioning Research*, 26(4): 926–936.
- Grossenbacher A., Bouban P., Held T., Marti B. (1998): Schnellkraftdiagnostik mit einer Kraftmessplatte: Ergebnisse bei Spitzensportlern. *Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraumatol.*, 46(4): 150–154.
- Hübner K. (2009): Veränderung der Explosivkraft der unteren Extremitäten in Abhängigkeit vom Widerstand – Studie bei Schweizer Spitzensportlern aus Sportarten mit hohem Explosivkraftanteil. Dissertation UNI Leipzig.
- Kale M., Asci A., Bayrak C., Acikada C. (2009): Relationships Among Jumping Performances and Sprint Parameters During Maximum Speed Phase in Sprinters. *Journal of Strength Conditioning Research*, 23(8): 2272–2279.
- Kibele A., Müller K.-J., Bührle M. (1989): Bilaterale Defizite bei willkürlichen Maximalkraftkontraktionen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 40(4): 120–134.
- Kraemer W.J., Newton R.U. (1994): Training for improved vertical jump, *Sport Science Exchange*. Gatorade Sports Science Institute 7 (6).
- Mahnke R., Müller S., Kreibich S. (2005): Anpassung und Weiterentwicklung des Verfahrens zur Einschätzung der Sprungleistung anhand der Indexpunkte biomechanischer Punktwert und Punktwert Flugqualität. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, (2): 75–90.
- Reeberg Stanganelli L.C., Dourado A.C., Oncken P., Mancan S., da Costa S.C. (2008): Adaptations on Jump Capacity in Brazilian Volleyball Players Prior to the Under-19 World Championship. *Journal of Strength Conditioning Research*, 22(3): 741–749.
- Schnabel G., Harre H.-D., Krug J. (2008): Trainingslehre-Trainingswissenschaft, Leistung-Training-Wettkampf. Sportverlag Berlin, S. 52.
- Temfemo A., Hugues J., Chardon K., Mandengue S.-H., Ahmaidi S. (2009): Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *Eur J Pediatr*, 168: 457–464.
- Tschopp M. (2003): Swiss Olympic Manual Leistungsdiagnostik, Version 2.0. Magglingen, Zugriff am 28.11.2012 unter: http://www.swissolympic.ch/Portaldaten/41/Resources/03_sport/verbaende/sportmedizin/downloads/leistungsdiagnostik/manual_leistungsdiagnostik_kraft_1._teil_d.pdf.
- Vesconi J.D., Rupf R., Brown T.D., Marques M.C. (2011): Players performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age. *Scand J Sci Sports*, 21: 670–678.