

Wie viel Maximalkraft ist für explosivkräftige Bewegungen notwendig? Und wie kann diese ermittelt werden?

Vorstellung des leistungsdiagnostischen Verfahrens „Muskelleistungsdiagnostik“

1 Problemstellung und Untersuchungsziel

Die Bedeutung der Explosivkraft als Leistungsvoraussetzung für azyklische (z. B. Skisprung) und zyklische Bewegungen (z. B. Bobstart) nimmt in vielen Sportarten zu. Somit wird der höchste Ausprägungsgrad dieser Fähigkeit im Training angestrebt. Die Höhe der Explosivkraft steht u. a. im Zusammenhang mit der Maximalkraft (Bührle & Schmidbleicher, 1977).

Bei leistungsdiagnostischen Verfahren steigt auf der einen Seite das Anspruchsniveau von Trainern und Athleten an die Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit von Explosivkrafttests, um individuelle Trainingsfortschritte zu dokumentieren und die Trainingsplanung zu verbessern. Bedeutender ist aber die Suche nach Parametern oder Indikatoren, die die Ableitungen von individuellen Trainingsprogrammen zur Verbesserung der Maximal- und Explosivkraft ermöglichen.

Daher ist das Ziel der Arbeit, ein Verfahren zur Messung der Maximal- und Explosivkraft der unteren Extremitäten für Leistungssportler aus Sportarten mit hohem Explosivkraftanteil vorzustellen, welches die Ableitung individueller Trainingsempfehlungen für das Maximal- und Explosivkrafttraining ermöglicht. Dabei gilt neben der Erfassung von Defiziten im Maximal- oder Explosivkraftbereich im Sinn des langfristigen Aufbaus auch der Anspruch, die im Moment günstigste Reizkonfiguration für die Entwicklung der Explosivkraft zu finden. Dieses hier vorgestellte Verfahren wird im Weiteren "Muskelleistungsdiagnostik" oder kurz MLD-Test genannt.

2 MLD-Test

2.1 Zielgruppe

Der MLD-Test wird bei explosivkräftigen Sportarten (z. B. Bob, verschiedene leichtathletische Disziplinen, Skisprung, Ski alpin, Skicross, Beachvolleyball, Kampfsportarten, BMX) angewendet. Als Zulassungskriterium wird bei den Athleten in der Regel ein hoher Kaderstatus (im Normalfall Nationalmannschaft) und Krafttrainingserfahrung vorausgesetzt.

2.2 Testablauf

Das Verfahren besteht aus einem Test der isometrischen Maximalkraft (beidbeinig, einbeinig links und rechts) und verschiedenen Vertikalsprüngen ohne Armeinsatz

(je ein Countermovementjump (CMJ) und ein Squatjump (SJ) ohne Zusatzlast und danach mit 20, 40, 60, 80 und 100 % des Körpergewichts als Zusatzlast). Der MLD-Test wird zwischen 2-4 x jährlich pro Athlet durchgeführt, wobei in der Regel eine „Mindestzeitspanne“ zwischen zwei Tests von acht Wochen eingehalten wird.

2.3 Testprotokoll

2.3.1 Erfassung von möglichen Einflussfaktoren

Bei der Anmeldung wird eine Checkliste mit diversen Fragen zu Vorbelastung, Schmerzen/Verletzungen, Befindlichkeit, Motivation etc. vom Athleten ausgefüllt. Danach folgt die Messung von Körpergröße und -masse.

2.3.2 Erwärmung

Die allgemeine Erwärmung erfolgt über mindestens 6 min (Fahrradergometer oder Laufen auf der Tartanbahn), gefolgt von einem intensiven Aufwärmen der Rumpfmuskulatur (einfache Übungen bis zum Aufwärmen durch Kniebeugen mit einer Freihantel) und in ein Aktivieren der unteren Extremitäten (Skipping, Hüpfen, Absprünge) gegliedert.

2.3.3 Isometrische Maximalkraft

Als Vorbereitung für den Test wird ein Goniometer (Abb. 1) am linken Knie angebracht.

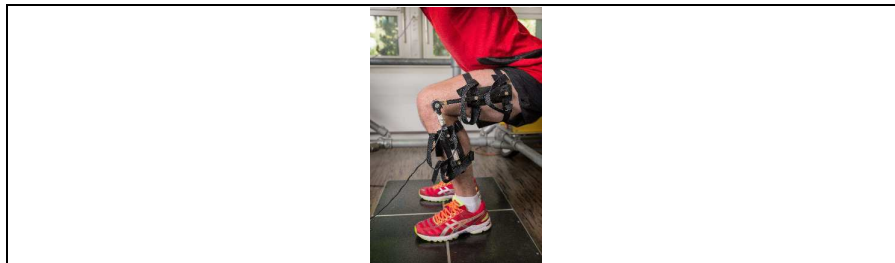


Abb. 1. Kraftmessplatten und Goniometer

Der Athlet begibt sich auf den Kraftmessplatten in den ruhigen Stand, das System ermittelt die Gewichtskraft.

Ziel des Tests ist es, aus einer Kniebeugeposition heraus eine maximale Kraft vertikal gegen die Hantelstange im Nacken (Abb. 2) aufzubringen. Dabei wird einerseits in einem sportartspezifischen Kniewinkel (z. B. Skispringen bei 70°, Ski alpin bei 100°) ein- und beidbeinig und andererseits vorher in einem 70°-Kniewinkel als generelle Tiefkniebeugeposition beidbeinig getestet. Die Höhe der befestigten Hantel, die an der Rückhaltevorrückung abgelesen werden kann, wird in das Protokoll eingetragen und bei Retests wiederverwendet.



Abb. 2. Beidbeiniger isometrischer Maximalkrafttest mit Kraftmessplatten, Goniometer und Rückhaltevorrichtung

Nach zwei Probeversuchen, in denen submaximal angedrückt wird, folgen zwei Testdurchgänge (zwischen den einzelnen Messungen besteht eine Pause von mindestens 30 s): Der Athlet steht mit den Füßen schulterbreit auf einer Linie der Kraftmessplatten, die als Lot zur Stange positioniert sind. Nun drückt er langsam gegen die Stange, bis eine Vorspannung erreicht ist. Dann beginnt der Tester langsam "eins, zwei, drei" zu zählen. In dieser Zeit baut der Athlet seine maximale Kraft kontinuierlich auf. Der beste Versuch wird gespeichert.

Nach den beidbeinigen Versuchen wird mit den einbeinigen fortgesetzt, wobei immer mit dem linken Bein begonnen wird. Die Testprozedur erfolgt analog zu den beidbeinigen Tests (Einbeinstand: Das Brustbein befindet sich senkrecht über dem zu belastenden Fuß. Das andere Bein ist angewinkelt, der Fuß berührt weder den Boden noch das Standbein).

2.3.4 Vertikalsprünge ohne und mit steigender Zusatzlast

Erneut beginnt der Test mit der Ermittlung der Gewichtskraft auf der Kraftmessplatte. Ziel aller folgenden Vertikalsprünge ist, eine größtmögliche Sprunghöhe zu erreichen.

Zuerst werden zwei Probeversuche von einem CMJ absolviert. Die Ausgangsstellung ist eine aufrechte Körperposition mit hüftbreiter Fußstellung, aufgestützten Händen auf dem Becken und einer geraden Kopfhaltung (Blick geradeaus). Während der ganzen Bewegung einschließlich der Landung bleiben die Hände auf der Hüfte fixiert. Der Sprung wird durch die Kommandos des Testers „Geradeaus schauen, bereit, eins, zwei und hopp“ ausgeführt. Nach den beiden Probesprüngen erfolgen zwei Testdurchgänge, wobei der beste Sprung gewertet und in die Datenbank eingetragen wird.

Es folgen je zwei Probe- und Testsprünge eines SJ. Die Ausgangsstellung ist analog des CMJ. Der Blick des Athleten ist auf einen Bildschirm vor ihm gerichtet, wo der aktuelle Kniewinkel grafisch ersichtlich ist. Auf die Anweisung „herunter“ bewegt sich der Athlet langsam in eine gebeugte Stellung, bis auf dem Bildschirm der ge-

wünschte Kniewinkel erscheint (z. B. Skispringen bei 70°, Ski alpin bei 100°). In dieser Lage wird kurz verharrt, der Tester zählt "eins, zwei". Bei "hopp" wird schnellkräftig nach oben abgesprungen. Der Sprung ist gültig, wenn keine erneute Ausholbewegung stattgefunden hat. Die Bremsleistung ist so kleiner als 1 W/kg (bei einer erkennbaren Ausholbewegung, welches sich auch in einer Bremsleistung deutlich größer als 1 W/kg dokumentiert, wird der Sprung nicht gewertet und wiederholt). Der beste Testsprung wird erneut gewertet.

Als Nächstes wird dem Athleten ein Zusatzgewicht von 20 % seines Körpergewichts in Form einer Hantelstange von zwei Helfern auf den Rücken gelegt. Mit dieser Zusatzlast werden erneut mit der gleichen Anweisung die CMJs und SJs (je zwei Probe- und Testsprünge) ausgeführt. Der Tester betätigt zusätzlich die Mechanik der Rückhaltevorrichtung, sodass die Hantelstange im höchsten Punkt fixiert wird (siehe Abb. 3) und der Athlet ohne Zusatzlast die Landung abfängt. In dieser Art und Weise werden dann Stufen von 40, 60, 80 und 100 % seines Körpergewichts absolviert. Dabei wird zwischen 40 und 100 % Zusatzlast der Versuch nur wiederholt, wenn die relative maximale Leistung deutlich zu tief ausfällt, als aufgrund der ersten Laststufe erwartet.



Abb. 3. Rückhaltevorrichtung zum Abfangen der Landung

Für jeden der 12 Sprünge werden folgende Parameter in einer Datenbank gespeichert: das Körpergewicht in kg, die relative maximale Leistung in W/kg, die Sprunghöhe in cm und der Kniewinkel beim Test¹.

¹ Zusätzlich dazu werden noch als Kontrollparameter der Beschleunigungsweg in cm, die Bremsleistung in W/kg, die Zusatzlast in kg oder als Ausweichparameter (die hier im Artikel noch näher beschrieben werden), die Kraftspitze N und die relative durchschnittliche Leistung in W/kg gespeichert.

2.4 Geräte/Apparaturen

Bei den isometrischen Maximalkrafttests und den Vertikalsprüngen wurden die Bodenreaktionskräfte mit Kraftmessplatten gemessen (MLD Test Evo 2, SPSSport, Innsbruck, Österreich). Aus diesem Kraft-Zeit-Verlauf wurden alle anderen Parameter berechnet. In das System wurde auch ein Goniometer zur Aufzeichnung des Kniewinkels integriert.

Die Rückhaltevorrichtung, die für das „Auffangen“ der Hantel am Ende der Vertikalsprünge verantwortlich ist und auch für das Fixieren der Hantel beim Maximalkrafttest genutzt wird, wurde vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos produziert.

2.5 Daten

2.5.1 Datenauswertung

Die Kraft-Zeit-Kurve einschließlich der Kniewinkel wird für jeden Versuch aufgezeichnet. Der jeweils beste Versuch wurde in einer Datenbank gespeichert. Als Parameter wurden beim isometrischen Maximalkrafttest die absolute und relative Maximalkraft beidbeinig, einbeinig links und rechts und bei den Vertikalsprüngen die relative maximale Leistung und Sprunghöhe zur Auswertung benutzt.

2.5.2 Gütekriterien

Um den MLD-Test zu einem wissenschaftlich begründeten Untersuchungsverfahren zu legitimieren, wurden die Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität geprüft (Hübner, 2009). So ist beispielsweise die Reliabilität (Test-Retest-Methode) bei allen Parametern des zweiteiligen MLD-Tests laut Bös (2001) generell mit „sehr gut“ zu beurteilen. Die Variationskoeffizienten betragen zwischen 2,5 und 5,6 %.

2.6 Testbesprechung

Direkt nach dem Test (nach Auslaufen und Duschen des Athleten) wird die Testauswertung (Resultate und Trainingsempfehlungen) mit Athlet und Trainer besprochen (siehe Ergebnisse und Interpretation).

2.7 Ergebnisse

Der gesamte Report, der der Testbesprechung zugrunde liegt, besteht aus zwei A4-Seiten, indem zuerst Personaldaten (Name, Vorname, Geburtsdatum, Größe, Gewicht, Sportart, Kaderstufe, Testdatum) erscheinen, dann folgen die Ergebnisse vom Test der isometrischen Maximalkraft (siehe Tab. 1)² und die Ergebnisse/Grafiken für die Vertikalsprünge (siehe Tab. 2 und Abb. 4)³ und abschließend sind die wichtigsten Kommentare/Trainingsempfehlungen aufgeführt.

² Einschließlich des individuellen Verlaufs (hier nicht abgebildet).

³ Einschließlich des individuellen Verlaufs (hier nicht abgebildet).

2.7.1 Test der isometrischen Maximalkraft

Wie in Tab. 1 für einen Einzelfall A (einschließlich Gruppenmittelwert) ersichtlich wird, sind neben den absoluten und relativen Maximalkraftwerten auch die Seitendifferenz zwischen den einbeinigen Ausführungen und das bilaterale Defizit abgebildet.

Tab. 1. Einzelfallbeispiel A: Reportausdruck der isometrischen Maximalkraft (Ski-alpin-Athletin, 72,8 kg schwer)

Ausführung	Winkel [°]	Fmax [N]		Fmax rel. [N/kg]	
		Person	Gruppe	Person	Gruppe
Beidbeinig	70	1.719,8	1.600,0	23,6	23,8
Beidbeinig	100	2.588,9	2.383,9	35,6	34,6
Einbeinig links	100	1.500,7	1.575,6	20,6	22,9
Einbeinig rechts	100	1.489,3	1.587,9	20,5	23,1
Kniwinkel		Seitendifferenz (%)		Bilaterales Defizit (%)	
	100	0,8	0,8	-13,4	-24,6

Legende: Fmax (N): isometrische Maximalkraft in N
 Fmax rel. (N/kg): relative isometrische Maximalkraft in N/kg
 Blaue Farbe: Werte der Athletin an diesem Tag
 Grüne Farbe: Gruppenmittelwert der Sportart Ski alpin Frauen (n = 461)

2.7.2 Vertikalsprünge ohne und mit steigender Zusatzlast

Im standardmäßigen Report der Vertikalsprünge werden die Tabellen mit den leistungsrelevanten Parametern (relative maximale Leistung und Höhe) durch Kontrollparameter, wie Laststufe, Bremsleistung oder Kniwinkel ergänzt, um die korrekte Ausführung der Sprünge zu bestätigen. Ergänzt werden die Tabellen durch eine grafische Darstellung der relativen maximalen Leistung der Vertikalsprünge mit steigender Zusatzlast. Abgebildet sind so zwei Einzelfallbeispiele mit Tab. 2 und Abb. 4 für die Athletin A beziehungsweise Tab. 3 und Abb. 5 für die Athletin B.

Tab. 2. Einzelfallbeispiel A: Reportausdruck der Vertikalsprünge (Ski-alpin-Athletin, 72,8 kg schwer)

Ausführung	Last [% KG]	Pmax rel. [W/kg]	Pmax rel. [W/kg]	Pbrems [W/kg]	Höhe [cm]	Winkel v0 [°]
Elastodynamisch	99,3	49,0	48,7	-10,8	32,7	92,6
Statodynamisch	100,6	43,4	45,7	-0,5	25,9	96,7
Elastodynamisch	119,0	47,4	46,7	-11,7	25,5	95,5
Statodynamisch	119,3	44,0	43,8	-0,6	22,9	95,4
Elastodynamisch	140,6	44,2	45,9	-14,2	19,9	91,3
Statodynamisch	140,4	42,6	43,3	0,0	18,1	99,1
Elastodynamisch	161,2	45,1	45,0	-14,3	17,2	97,5
Statodynamisch	160,2	42,6	42,3	-0,1	16,1	100,2
Elastodynamisch	181,8	43,0	44,0	-11,8	13,5	101,7
Statodynamisch	182,1	40,6	41,4	-0,3	12,7	100,4
Elastodynamisch	202,2	41,3	43,0	-12,5	11,4	100,7
Statodynamisch	201,8	42,1	40,0	-0,3	11,7	101,0

Legende: Elastodynamisch: Countermovementjump
 Statodynamisch: Squatjump
 Last (% KG): Zusatzlast prozentual zum Körpergewicht, 100 % entsprechen dem Körpergewicht, 120 % dem Körpergewicht plus 20 % Zusatzlast
 Pmax rel. (W/kg): relative maximale Leistung in W/kg
 Pbrems (W/kg): Bremsleistung in W/kg

Höhe (cm): Sprunghöhe in cm
Winkel v0 (°): Kniewinkel in der tiefsten Körperposition
Blaue Farbe: Werte der Athletin an diesem Tag
Grüne Farbe: Gruppenmittelwert der Sportart Ski alpin Frauen (n = 461)

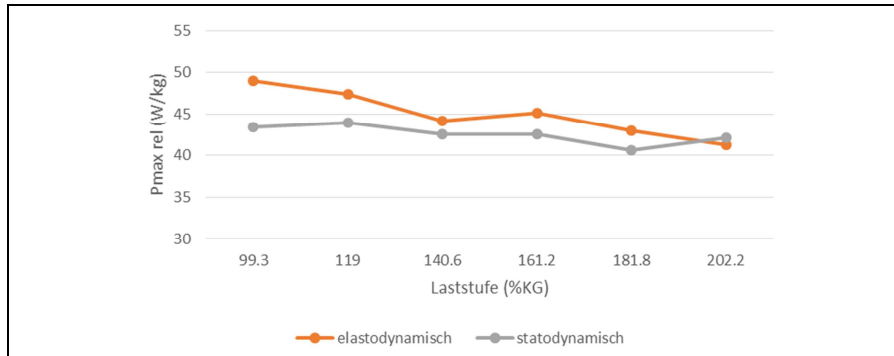


Abb. 4. Verlauf der relativen maximalen Leistung der elastodynamischen und statodynamischen Sprünge mit steigender Zusatzlast des Beispiels A (Ski-alpin-Athletin, 72,8 kg schwer)

Tab. 3. Einzelfallbeispiel B: Reportausdruck der Vertikalsprünge (Ski-alpin-Athletin, 64,4 kg schwer)

Ausführung	Last (% KG)	Pmax rel. (W/kg)	Pmax rel. (W/kg)	Pbrems (W/kg)	Höhe (cm)	Winkel v0 (°)
Elastodynamisch	99,9	49,1	48,7	-15,7	26,8	107,9
Statodynamisch	99,7	45,3	45,7	-0,6	26,6	100,8
Elastodynamisch	121,7	50,3	46,7	-15,6	23,5	105,5
Statodynamisch	121,9	45,3	43,8	-0,4	22,8	101,9
Elastodynamisch	141,3	50,2	45,9	-12,6	20,7	104,3
Statodynamisch	141,3	45,0	43,3	-0,4	18,7	99,3
Elastodynamisch	159,6	48,8	45,0	-13,7	17,6	97,5
Statodynamisch	160,3	45,7	42,3	-0,9	16,7	102,6
Elastodynamisch	180,1	47,5	44,0	-14,9	15,0	102,8
Statodynamisch	180,0	45,6	41,4	-0,7	15,0	101,8
Elastodynamisch	199,9	46,9	43,0	-12,9	11,4	108,1
Statodynamisch	200,1	45,1	40,0	-0,8	12,9	101,4

Legende: s. Tab. 2

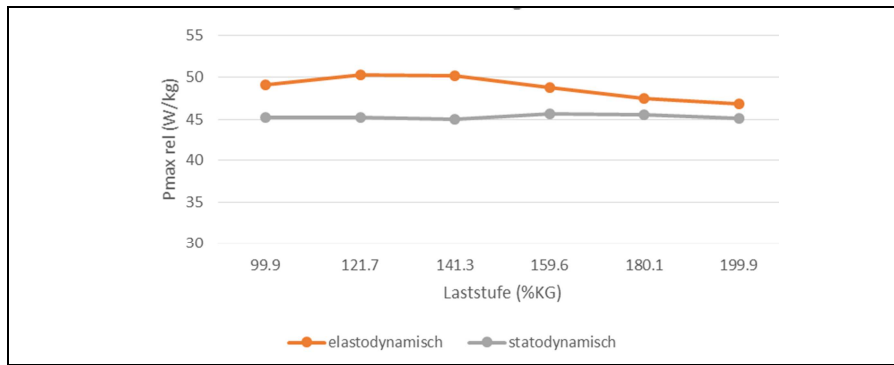


Abb. 5. Verlauf der relativen maximalen Leistung der elastodynamischen und statodynamischen Sprünge mit steigender Zusatzlast des Beispiels B (Ski-alpin-Athletin, 64,4 kg schwer)

2.8 Interpretation der Ergebnisse und Ableitung von Trainingsempfehlungen

2.8.1 Isometrische Maximalkraft

Die isometrische Maximalkraft lässt sich wesentlich besser messen als die dynamische (Tihanyi, 1987) und so auch für die Niveaubestimmung oder individuelle und kollektive Vergleiche heranziehen. Auch scheint die Verletzungsgefahr gegenüber einem 1RM-Test kleiner zu sein, da die isometrische Ausführung jederzeit abgebrochen werden kann.

Nach Bührle (1989, S. 311) ist „die Maximalkraft ... die wichtigste Basiskomponente der Schnellkraftfähigkeit.“ Die Korrelation zwischen beidbeiniger Maximalkraft und Vertikalsprüngen ist unbestritten hoch (z. B. 0,5-0,6 bei Wirth & Schmidtbleicher, 2007; 0,42 bei Cronin & Hansen, 2005). Durch die Maximalkraft wird ein Teil der Explosivkraft erklärt (21-28 % bei Hübner (2009). Andere Faktoren, z. B. die Muskelstiffness (Brughelli & Cronin, 2008), die Anteiligkeit der Titinkomponente (Witt, 2004), die neuromuskuläre Aktivierung (Kibele, 1998) etc. bestimmen die Höhe der Explosivkraft mit. Die Maximalkraft hat demnach eine wichtige Zubringerfunktion für die Explosivkraft (Michel, Monèm & Ferran, 2014). Das deckt sich auch mit praktischen Erfahrungen aus vielen explosivkräftigen Sportarten. Bis zu einem gewissen, hohen Maximalkraftniveau scheint sich das Explosivkraftniveau fast linear mit zu erhöhen.

Für eine Einordnung des Niveaus der isometrischen Maximalkraft sind die zum Körpergewicht relativierten Werte zweckmäßiger, da so Gewichtsunterschiede der Athleten oder evtl. größere Gewichtsschwankungen eines Athleten über einen längeren Zeitraum besser vergleichbar sind. Beim Einzelfallbeispiel A erreicht die Athletin A 35,6 N/kg, was einem guten Maximalkraftniveau entspricht. Durch Normierung und Beobachtung (Bestätigung durch Werte von Athleten, die an internationalen Großanlässen Medaillen erzielt haben) lassen sich folgende Einordnungen für die Sportart Ski alpin treffen: > 33 N/kg gutes, > 36 N/kg sehr gutes und > 41 N/kg ausgezeichnetes (ausreichendes?) Maximalkraftniveau. Dabei sind die Unterschiede

de der relativen Maximalkraft zwischen den Sportarten und Geschlechtern kleiner als erwartet. Der Bezug der ermittelten, individuellen Maximalkraft zum Normwert oder Kadermittelwert gilt hier im Sinne einer langfristigen Trainingsplanung über Jahre.

Aus dem Maximalkrafttest lassen sich neben der Niveauemittlung drei Trainingsempfehlungen direkt ableiten:

- a) Aus dem absoluten Maximalkraftwert (im Einzelfallbeispiel A, Tab. 1, beidbeinig aus 100°-Kniewinkel) lässt sich das 1RM der Kniebeuge aus dem gleichen Kniewinkel errechnen (Duss & Hobi, 2003), welches in der Trainingspraxis als prozentuale Abrechnung für verschiedene Wiederholungszahlen benötigt wird. Bei den Frauen beträgt der Faktor 0,67 und bei den Männern 0,71. Im Beispiel A werden also 2.588,9 N mit 0,67 multipliziert und man erhält für die Athletin ein 1RM von 1.734,6 N, welches einer Last von 176,8 kg entspricht.
- b) Aus der errechneten Seitendifferenz zwischen der einbeinigen Ausführung links und rechts werden Abweichungen von über 10 % im Sinne einer Dysbalance (im Einzelfallbeispiel A, Tab. 1, 0,8 %) im Report erwähnt und in der Besprechung wird auf mögliche Gründe (Verletzungen, unterschiedliche Beweglichkeit etc.) eingegangen.
- c) Aus dem prozentualen Verhältnis von beidbeiniger isometrischer Kraft zur Summe der einbeinigen Kraft links und rechts ergibt sich das bilaterale Defizit.
Formel:

$$BD = 100 * \left(\frac{b}{r+l} - 1 \right)^4$$

Im Report des Einzelfallbeispiels A (siehe Tab. 1) beträgt der Wert 13,4 %. Das heißt, bei dieser Athletin ist der beidbeinige Maximalkraftwert 13,4 % kleiner, als die Summe der Kraft der einbeinigen Ausführung links und rechts. Als Ursache für das Phänomen des bilateralen Defizits wurden von Kibele und Müller (1989, bestätigt von Hay, de Souza & Fukashiro, 2006) bei EMG-Messungen Unterschiede zwischen der beid- und einbeinigen Ausführung in der Rekrutierung und Frequenzierung der Muskulatur beschrieben. Bei isometrischen Maximalkraftmessungen bestehen zwischen den Sportarten unterschiedliche Verhältnisse (Kibele, Müller & Bührle, 1989; Howard & Enoka, 1991; Hübner, 2009). Durch Training kann sich dieses Verhältnis verändern (Sale, 1992).

Aus dem bilateralen Defizit wurde in bestimmten Fällen eine Empfehlung von eher ein- oder beidbeinigen Trainingsformen im Krafttraining abgeleitet. Wenn das bilaterale Defizit des Athleten (im Einzelfallbeispiel A der Tab. 1 beträgt es 13,4 %) mathematisch größer ist als der Kadermittelwert der Sportart (hier Ski alpin Frauen – 24,6 %), wird eher das Bevorzugen einbeiniger Krafttrainingsformen empfohlen, in dieser Sportart ab 30 % eher beidbeinige Formen. Wie oft bei Maximal- oder Explosivkrafttraining scheint auch hier der Reizwechsel eine

⁴ Formel des bilateralen Defizits (r = Kennwert der rechten Extremität, l = Kennwert der linken Extremität, b = beidbeiniger Kennwert).

Verbesserung des Niveaus zu bewirken, was sich in der Trainingspraxis bewährt hat. Ab einem sehr hohen Maximalkraftniveau funktioniert das Grundprinzip nicht mehr, da das bilaterale Defizit generell größer wird (z. B. 10 %). Der Athlet kann bei diesen sehr hohen Kräften bei der einbeinigen Ausführung nicht mehr die gleiche Stabilität, verglichen mit beidbeiniger Ausführung, aufbringen. So nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Ausweichbewegung in der Hüfte oder im Rumpf deutlich zu.

Trotz positiver praktischer Erfahrungen bleibt die Feststellung von Kraemer und Newton (1994) bestehen, dass es keine definitiven Studien gibt, ob im Training ein- oder beidbeinige Übungsformen effektiver sind.

2.8.2 Vertikalsprünge ohne und mit steigender Zusatzlast

Vertikalsprünge sind ein bewährtes Mittel, um die Explosivkraft der unteren Extremitäten zu bestimmen. Als Parameter zur Quantifizierung der Explosivkraft wurde dabei historisch meist die Sprung- oder Treibhöhe erhoben, die aber nicht immer geeignet ist, da eine größere Höhe auch mit einer längeren Kontaktzeit erreichbar ist. Um die Explosivkraft als den steilsten Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve (Bürle & Schmidbleicher, 1981) besser darstellen zu können, wurden daraufhin je nach Autor verschiedene Parameter ins Zentrum gerückt (Kraftgradient, Impuls, Beschleunigung, Durchschnittsleistung, maximale mechanische Leistung etc.), deren Zusammenhänge Zatsiorski (1995)⁵ bei Vertikalsprüngen klar dargestellt hat. Zur Beurteilung von Effekten im Kraft- oder Sprungkrafttraining hat sich seit längerem die maximale mechanische Leistung (Bosco, 1992; Bartonietz, 1992) durchgesetzt, da sie die beiden Grundmerkmale Kraft und Geschwindigkeit vereinigt.

Diese maximale mechanische Leistung (auch die relative) hat bei Vertikalsprüngen (CMJ und SJ) mit steigender Zusatzlast einen linear abfallenden Verlauf (Cormie, McCaulley & McBride, 2007; Markovic & Jaric, 2007; Patterson, Raschner & Platzner, 2009; Hübner, 2009).

Die Größe des Abfalls (Neigung der Gerade) stellt die Basis der kurzfristigen Trainingsempfehlung dar. Fällt wie beim Einzelfallbeispiel A (siehe Tab. 2 und Abb. 4) die maximale Leistung beim CMJ und SJ mit steigender Zusatzlast sehr schnell ab (d. h., unter größerer Last verringert sich auch die Bewegungsgeschwindigkeit deutlich), wird in der Regel ein Maximalkrafttraining empfohlen, da die Maximalkraft eine Voraussetzung für die Explosivkraft darstellt. Ist der Verlauf wie beim Einzelfallbeispiel B (siehe Tab. 3 und Abb. 5) nur leicht abfallend (oder sogar waagrecht), werden Sprünge mit kurzer Kontaktzeit oder andere Möglichkeiten mit kurzen Zeitprogrammen empfohlen (Tapping, fliegende Sprints, oft die Sportart selbst etc.). Pernitsch (2000, S. 63) stellt fest:

„Eine flache Kurve könnte sowohl ein Schnellkraftdefizit als auch ein vorhandenes Maximalkraftpotential bedeuten. Man könnte die allgemeine Aussage einer ineffizienten Muskelaktivierung treffen.“

⁵ Dargestellt in einem Artikel von Cronin und Sleivert (2005).

Generell unterscheiden sich die Verläufe der Mittelwerte der relativen mechanischen Leistung mit steigender Zusatzlast zwischen CMJ und SJ qualitativ nicht (in etwa ein paralleler Verlauf). Quantitativ sind die Mittelwerte beim CMJ bei Männern 4,2-8,2 % höher als beim SJ, bei Frauen 1,8-6,7 % (Hübner, 2009). Sind diese Verläufe nicht parallel (d. h., die Differenz zwischen der Leistung im CMJ und SJ ist ohne Last größer als mit Last), lassen sich individuell das Bevorzugen bestimmter Trainingsübungen (Reißen, Umsetzen, SJ oder andere) oder Konzentration auf deren Ausführungen (Beispiel Mindesttempo in der konzentrischen Phase bei Kraftübungen) ableiten⁶.

2.9 Gesamtbetrachtung

Aus dem Verlauf der relativen maximalen Leistung bei den Sprüngen mit steigender Zusatzlast ist eher die kurzfristige Schwerpunktsetzung im Training (eher Maximalkrafttraining oder eher Umsetzung der Maximalkraft) zu empfehlen.

Die langfristige Sicht ergibt sich aus dem Verhältnis der Maximalkraft (aus dem isometrischen Maximalkrafttest) zur relativen maximalen Leistung beim CMJ und SJ (aus den Vertikalsprüngen mit steigender Zusatzlast).

3 Fazit

Für die Kraftleistungsdiagnostik bildet der MLD-Test eine fundierte Basis zur Einschätzung des aktuellen Niveaus der Maximal-/Explosivkraft und zur Ableitung von individuellen Trainingsempfehlungen (z. B. hinsichtlich der Schwerpunktsetzung im Krafttraining in Richtung Maximalkrafttraining oder Umsetzung der Maximalkraft) im kurz- und langfristigen Sinn.

Literatur

- Bartonietz, K. (1992). Effektivität im Krafttraining: Erfahrungen der Praxis und Erkenntnisse aus Biomechanik und Trainingswissenschaft. *Leistungssport*, 22 (5), 5-14.
- Bös, K. (2001). *Handbuch sportmotorischer Tests* (2., neu bearb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Bosco, C. (1992). Eine neue Methodik zur Einschätzung und Programmierung des Trainings. *Leistungssport*, 22 (5), 21-28.
- Brughelli, M. & Cronin, J. (2008). Influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness. *Sports Med.*, 38 (8), 647-657.
- Bührle, M. (1989). Maximalkraft – Schnellkraft – Reaktivkraft, Kraftkomponenten und ihre dimensionale Struktur. *Sportwissenschaft*, 19 (3), 311-325.
- Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1977). Der Einfluss von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit. *Leistungssport*, 7 (1), 3-10.
- Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1981). Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. *Sportwissenschaft*, 11 (1), 11-27.
- Cormie, P., McCaulley, G. O. & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (6), 996-1003.

⁶ Wird in diesem Artikel nicht näher beschrieben.

- Cronin, J. B. & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 349-357.
- Cronin, J. B. & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med.*, 35 (3), 213-234.
- Duss, R. & Hobi, N. (2003). *Der prozentuale Anteil der konzentrischen Maximalkraft an der isometrischen Maximalkraft*. Masterarbeit, ETH Zürich.
- Hay, D., de Souza, V. A. & Fukashiro, S. (2006). Human bilateral deficit during a dynamic multi-joint leg press movement. *Human Movement Science*, 25 (2), 181-191.
- Howard, J. D. & Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *Journal of Applied Physiology*, 70 (1), 306-316.
- Hübner, K. (2009). *Veränderung der Explosivkraft der unteren Extremitäten in Abhängigkeit vom Widerstand*. Dissertation, Universität Leipzig.
- Kibele, A. (1998). Maximalkraft ohne Leistungsgewinn? Zur Frage nach dem effektiven Einsatz von Maximal- und Schnellkrafttraining. *Leistungssport*, 28 (3), 45-49.
- Kibele, A. & Müller, K.-J. (1989). Neuromuskuläre Aktivierung der Beinstreckmuskulatur: Vergleich bei unilateralen und bilateralen isometrischen Muskelkontraktionen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 40 (3), 80-84.
- 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. *Sport Science Exchange*, 7 (6), 1-12.
- Markovic, G. & Jaric, S. (2007). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (10), 1757-1764.
- Michel, M., Monèm, J. & Ferran, R. (2014). A two-season longitudinal follow-up study of jumps with added weights and countermovement jumps in well-trained pre-pubertal female gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*, 54 (6), 730-741.
- Patterson, C., Raschner, C. & Platzer, H.-P. (2009). Power variables and bilateral force differences during unloaded and loaded squat jumps in high performance alpine ski racers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (3), 779-787.
- Pernitsch, H. (2000). *Evaluierung eines neu erstellten Konzeptes zur Kraftdiagnose und Krafttrainingssteuerung mit Spitzenathleten im Alpinski, Skisprung und Rudern*. Dissertation, Universität Innsbruck.
- Sale, D. G. (1992). Neural adaptation to strength training. In P. V. Komi (Ed.) *Strength and power in Sport*. Boston: Blackwell Scientific Pub.
- Tihanyi, J. (1987). Die physiologischen und mechanischen Grundprinzipien des Krafttrainings. *Leistungssport*, 17 (2), 38-44.
- Wirth, K. & Schmidbleicher, D. (2007). Periodisierung im Schnellkrafttraining – Teil 1. Physiologische Grundlagen des Schnellkrafttrainings. *Leistungssport*, 37 (1), 35-40.
- Witt, M. (2004). Leistungsreserven aus der Sicht der Biomechanik. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 11 (2), 54-63.