

**KRAFT- UND DEHNUNGSTRAINING DER ISCHIOCRURALEN MUSKELN ZUR VERBESSERUNG DER SPRINTLEISTUNG**

**Thomas JÖLLENBECK / Knut HAHN / Klaus WIEMANN, Universität Wuppertal, BRD**

**1. Zielsetzung**

Die Technik in leichtathletischen Disziplinen ist u.a. auch abhängig von der arthromuskulären Balance. Da letztere wiederum vom Kraftniveau und von der Dehnfähigkeit der Muskeln bestimmt wird, scheint es notwendig zu prüfen, welche Muskeln für die Ausführung der leichtathletischen Techniken von Bedeutung sind und wie sich durch deren Kraft- und Dehnungstraining die Leistung beeinflussen läßt.

Für den Sprint läßt die funktional-anatomische Analyse vermuten, daß die ischiocruralen Muskeln einen bedeutenderen Einfluß auf die Erzeugung der Sprintgeschwindigkeit ausüben als bisher angenommen und daß die diesbezügliche Aufgaben der Kniestreckmuskeln (Mm. vasti) bisher überbewertet wurden.

Da die Aufgabe der Sprintbeschleunigung in einem eher entdehten Zustand der ischiocruralen Muskeln zu leisten ist, muß angenommen werden, daß die Sprintleistung mit der Kraft der ischiocruralen Muskeln positiv, mit der Länge der ischiocruralen Muskeln jedoch negativ korreliert.

Ein Krafttraining für die ischiocruralen Muskeln müßte demnach mit einem Anstieg der Sprintgeschwindigkeit gekoppelt sein. Ist es richtig, daß - wie allgemein angenommen wird - ein Dehnungstraining die Muskulatur verlängert, dürfte von einem Dehnungstraining kein positiver Effekt auf die Sprintleistung erwartet werden.

**2. Methoden**

Zur Überprüfung dieser Vermutungen wurden a) eine Erhebung zur Situation von Kraft, Länge und Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskeln bei 102 Studenten, 98 Liga-Fußballern und 73 Sprintern und b) ein Trainingsexperiment mit 42 Studenten durchgeführt. Dazu wurden neben diversen personenbezogenen Daten folgende Variablen erhoben:

1. Die Kraft der ischiocruralen Muskeln wurde an einem eigens dafür konstruierten Kraftgerät getestet, das es erlaubt, die Kraft bei maximaler statischer Willkürkontraktion bei rechtwinkligem Kniegelenk in 8 unterschiedlichen Hüftwinkelstellungen zu registrieren (rK1 bis rK8). Auf diese Weise ließ sich - angenähert - das Kraft-Längen-Verhalten der ischiocruralen Muskeln bestimmen.
2. Die Länge der ischiocruralen Muskeln wurde dem Kraft-Längen-Diagramm entnommen und als diejenige Muskellänge definiert, in der die ischiocruralen Muskeln das Kraftmaximum erzeugen. Je nach Hüftwinkelstellung, in der gemäß Punkt 1 das Kraftmaximum erzielt wurde, konnten

- 3-4 Gruppen von Vpn mit unterschiedlich langen Muskeln (rKmaxP4 bis rKmaxP7) gebildet werden.
3. Die Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskeln wurde durch Bestimmung des Hüftbeugewinkels (HBW) bei gestrecktem Knie ermittelt, wobei zusätzlich die zum Erreichen des Hüftbeugewinkels benötigte Dehnungsspannung (rSp) registriert wurde.
  4. Aus der Kraft-Längen-Beziehung wurde ein Elongationsfaktor bestimmt, der über unterschiedliche Faserlängen und/oder unterschiedliche Steifness der serienelastischen Elemente der ischiocruralen Muskeln Auskunft gibt.
  5. Die Sprintgeschwindigkeit (Zmin: schnellster Sprint; Zmw: Mittelwert der drei Wiederholungen) ergab sich aus einem Sprint über 25m aus aufrechter Startposition, wobei die Zeit per Infrarot-Lichtschranken zwischen der 5m- und der 25m- Marke gemessen wurde.
- Zum Trainingsexperiment wurden die Vpn in 5 Gruppen geteilt, die über 10 Wochen 3\*wöchentlich folgendes Training absolvierten
1. Gruppe: Krafttraining für die ischiocruralen Muskeln im entdehnten Bereich (Ke).
  2. Gruppe: Krafttraining für die ischiocruralen Muskeln im gedehnten Bereich (Kg).
  3. Gruppe: Dehnungstraining für die ischiocruralen Muskeln mit dynamischen und statisch-passiven Dehnübungen (D).
  4. Gruppe: Wie Gruppe 1, jedoch mit Dehnungstraining wie Gruppe 3 (Ked).
  5. Gruppe: Wie Gruppe 2, jedoch mit Dehnungstraining wie Gruppe 3 (Kgd).
- Das Krafttraining bestand aus einem Muskelaufbautraining in drei Sätzen (2 min Pause) und 10 Wiederholungen mit rund 40-60% der Maximalbelastung an zwei unterschiedlichen Beinbeugemaschinen (s. Abb. 1). Das Dehnungstraining umfaßte sowohl dynamische als auch aktiv-statische und passiv-statische Übungsformen in 3 Sätzen zu 1 min und jeweils 2 min Pause.

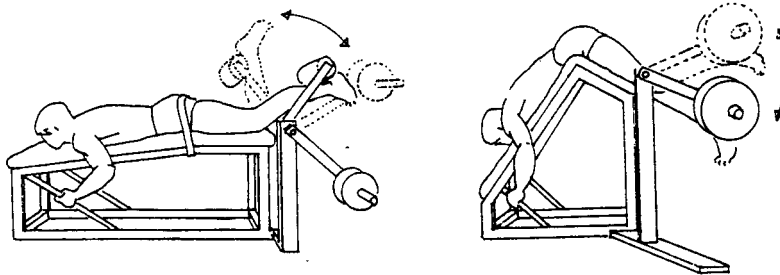


Abb. 1: Krafttraining für die ischiocruralen Muskeln. links: im entdehnten Zustand. rechts: im gedehnten Zustand.

**3. Ergebnisse**

Die Erhebung bei Studenten, Fußballern und Sprintern ergab folgende Befunde:

1. Die Sprinter zeigen sowohl die größte Kraft (rKmax) der ischiocruralen Muskeln, als auch die größten Hüftbeugewinkel (HBW), ertragen die größte Dehnungsspannung (rSp) und besitzen die schnellsten Sprintzeiten (Zmin, s. Tab. I).

Tabelle I: Ergebnis der Erhebung zur Kraft- und Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskeln und zur Sprintleistung.

	Sprinter n = 73	Fußballer n = 98	Studenten n = 102
rKmax [N]	405,8	398,6	349,6
HBW [°]	97,15	92,55	92,26
rSp [N]	144,5	134,5	128,7
Zmin [s]	2,47	2,57	2,71

←→ signifikante Unterschiede nach DUNCAN-Test

2. Die Sprinter tendieren insgesamt zu längeren ischiocruralen Muskeln als die Fußballer und Studenten (d.h. sie sind in den Gruppen mit langen ischiocruralen Muskeln häufiger vertreten), während die Fußballer in der Gruppe mit den kurzen Muskeln häufiger vertreten sind als die Sprinter und Studenten.
3. In der Gruppe der Sprinter zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen einem relativen Kraftwert der ischiocruralen Muskeln und der Sprintzeit ( $r=-0,3425$ ;  $p=0,007$ ), d.h. je kräftiger die ischiocruralen Muskeln in Relation zum Körpergewicht sind, desto schneller ist der 20m-Sprint (und auch der 100m-Sprint).
4. Teilt man die untersuchten Personen in drei bzw. vier Gruppen unterschiedlicher Muskellänge, steigen die Sprintzeiten mit der Muskellänge (s. Tab. II).
5. Teilt man die Sprinter in zwei Gruppen mit unterschiedlich ausgeprägtem Elongationsfaktor, zeigt die Gruppe mit hohem Faktor (was entweder auf kurze Fasern oder auf eine hohe Stiffness der elastischen Elemente hinweist) eine bessere Sprintleistung (s. Tab. II). Kombiniert mit der Muskellänge ist die Gruppe mit kurzen Muskeln und hohem Elongationsfaktor auf der 20m-Sprintstrecke um 0,11s schneller als die Gruppe mit langen Muskeln und niedrigem Elongationsfaktor.

Tabelle II: 20m-Sprintzeiten in Gruppen unterschiedlicher Muskellänge und unterschiedlichem Elongationsfaktor (nur Sprinter) und 100m-Sprintzeit in Gruppen unterschiedlicher Muskellänge (nur Sprinter).

		kurze Muskeln		lange Muskeln	
		rKmax in Pos. 4	rKmax in Pos. 5	rKmax in Pos. 6	rKmax in Pos. 7
Sprinter n = 73	großer Elongationsfaktor	2,44	2,48	2,48	2,49
	kleiner Elongationsfaktor	2,46	2,50	2,54	2,55
	Gesamt	2,449	2,484	2,517	2,541
Fußballer n = 98		2,52	2,58	2,57	
Studenten des Trainingsexperimentes n = 42	Vortest	2,525	2,707	2,756	2,760
	Nachtest	2,535	2,695	2,721	2,765
Sprinter n = 73	100m-Zeit	11,00	11,21	11,40	

Das Experiment über die Wirkung verschiedener Trainingsmaßnahmen für die ischiocruralen Muskeln auf die Sprintleistung und auf die für die Sprintleistung maßgeblichen Parameter lieferte folgende Ergebnisse:

1. Alle Trainingsgruppen zeigten eine signifikante Zunahme des Kraftmaximums, aber nur die Gruppen Ke, Kg, Kgd einen Zuwachs der über die 8 Testpositionen gemittelten Kraft (rKmw). Die Kraftzuwächse (Tab. III) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen.

Tabelle III: Zunahme des Kraftmaximums und der Durchschnittskraft vom Vortest zum Nachtest durch Kraft-/Dehnungstraining.

Trainingsgruppe	Ke	Kg	Ked	Kgd	D
rKmw [N]	28,81	48,55	30,49	30,07	28,55
X-Wert	9,3	16,7	10,7	10,9	13,0
p(t-Test)	0,002	0,015	0,007	0,007	0,028
rKmax [N]	29,87	52,98	23,84	37,67	25,846
X-Wert	7,7	14,6	6,6	11,0	8,7
p(t-Test)	0,023	0,012	0,101	0,008	0,128

2. Die Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskeln verbesserte sich nur in den Gruppen, die ein Dehnungstraining durchführten (Ked, Kgd, und D), d.h. der Hüftbeugewinkel steigerte sich von Vortest(VT) zum Nachttest(NT) um durchschnittlich 18% (Tab. IV). Dieser Zuwachs unterscheidet sich nicht zwischen diesen Gruppen.

Tabelle IV: Vergleich der Hüftbeugewinkel in Vor- und Nachttest

Trainingsgruppe	Ke	Kg	Ked	Kgd	D
HBW VT [°]	101,53	92,94	99,16	97,62	83,49
HBW NT [°]	100,58	91,47	113,20	116,90	105,85
Diff [°]	-0,96	-1,48	14,04	19,28	22,35
p(t-Test)	0,679	0,553	0,009	0,000	0,001

3. Die in der Dehnungsprozedur ausgehaltene Dehnungsspannung stieg jedoch in allen Gruppen an, und zwar mit Ausnahme der Gruppe Kg signifikant (Tab. V) und in den Gruppen mit Dehnungstraining (Ked, Kgd und D) signifikant mehr als in den reinen Krafttrainingsgruppen (Ke, Kg).

Tabelle V: Vergleich der Dehnspannung in Vor- und Nachttest des Trainingsexperimentes.

Trainingsgruppe	Ke	Kg	Ked	Kgd	D
rSp VT [N]	167,8	144,3	130,9	124,3	127,4
rSp NT [N]	189,7	167,7	216,1	223,4	201,8
Diff [N]	21,9	23,4	85,2	99,1	74,4
p	0,007	0,122	0,000	0,000	0,002

4. Insgesamt verbesserte sich die Sprintleistung geringfügig, jedoch nur in der Gruppe mit reinem Krafttraining (KeKg) signifikant bei einseitiger Fragestellung (Tab. VI).

Tabelle VI: Sprintzeiten in Vor- und Nachttest des Trainingsexperimentes.

	Ke	Kg	Ked	Kgd	D	KeKg
Zmin VT [s]	2,714	2,755	2,674	2,736	2,715	2,731
Zmin NT [s]	2,690	2,735	2,663	2,719	2,708	2,709
Diff [s]	-0,024	-0,020	-0,011	-0,017	-0,007	-0,022
p(t-Test)	0,249	0,119	0,693	0,374	0,666	0,073

5. Die Kraft der ischiocruralen Muskeln korreliert jedoch sowohl im Vortest als auch im Nachtest mit der Sprintleistung. Ebenso korreliert der Kraftzuwachs durch Training mit dem Sprintleistungszuwachs (Tab. VII).

Tabelle VII: Korrelation zwischen der Kraft der ischiocruralen Muskeln und der Sprintzeit im Vor- und Nachtest des Trainingsexperimentes.

	Vortest		Nachtest		Zuwachs VT -> NT	
	Zmin	ZMw	Zmin	ZMw	Zmin	ZMw
rKmax	-0,3782	-0,3867	-0,3772	-0,3777	-0,3115	-0,2943
p	0,015	0,013	0,015	0,015	0,047	0,062
rKmw	-0,3345	-0,3405	-0,3365	-0,3345	-0,2945	-0,2967
p	0,033	0,029	0,031	0,033	0,062	0,060

6. Es zeigte sich entsprechend der Erhebungen bei Sprintern, daß Vpn mit kurzen Muskeln sowohl im Vortest als auch im Nachtest höhere Sprintgeschwindigkeiten erbringen als Vpn mit langen Muskeln (Tab. II).
7. Teilt man die Vpn der Krafttrainingsgruppen (Ke, Kg, Ked und Kgd) in zwei Gruppen mit kurzen bzw. langen Muskeln, ändert sich die Besetzung der Gruppen vom Vortest (19 bzw. 14) zum Nachtest (27 bzw. 6) signifikant (CHI-Quadrat = 4,59;  $p < 0,05$ ). In der Dehnungstrainingsgruppe (D) zeigt sich keine Verschiebung bzgl. der Muskellänge. Dagegen verkleinert sich der Elongationsfaktor in der Dehnungstrainingsgruppe um 25% (signifikant bei einseitiger Fragestellung;  $t = 2,14$ ,  $p = 0,070$ ).

#### 4. Diskussion und Schlußfolgerungen

Sowohl die Erhebung bei Studenten, Fußballern und Sprintern als auch das Trainingsexperiment zeigen einen Zusammenhang zwischen der Kraft der ischiocruralen Muskeln und der Sprintleistung. Die Einflußnahme der Kraft auf die Leistung erscheint mit 10-14% ( $r^2$ ) je nach untersuchter Gruppe relativ deutlich. Allerdings könnte die Bedeutung dieses Einflusses besser beurteilt werden, wenn die entsprechende Wirkung anderer Muskelgruppen, etwa diejenige der Kniestrecker, zum Vergleich zur Verfügung stände. Ein solcher Vergleich, speziell die Bestimmung des optimalen Kraftverhältnisses zwischen ischiocruralen Muskeln und Kniestrecker müßte nachgeholt werden. Leider konnte aus organisatorischen Gründen nur eine Sprintstrecke von 25m getestet werden. Es ist anzunehmen, daß die Bedeutung der ischiocruralen Muskeln für die Erzeugung des Vortriebes in der Startphase bzw. Beschleunigungsphase des Sprints nicht so hoch ist wie in späteren Abschnitten der Sprintstrecke.

Auch die Vermutungen über die Bedeutung der Muskellänge für die Sprintleistung müssen als bestätigt angesehen werden; denn sowohl die Fußballer und Sprinter als auch die Vpn der Trainingsgruppen zeigen in Vor- und

Nachtest die gleiche Tendenz, nämlich bei kurzen Muskeln bessere Sprintleistungen, wobei zumindest die Randgruppen sich signifikant unterscheiden. Aus dem Trainingsexperiment wird deutlich, daß das hier praktizierte Krafttraining zu einer Verkürzung der ischiocruralen Muskeln führt<sup>1)</sup>. Da die Sprintleistung sowohl von der Kraft, als auch von der Länge der ischiocruralen Muskeln abhängig ist, kann nicht entschieden werden, welchen Anteil der Kraftzuwachs und welchen Anteil die Muskelverkürzung an der diagnostizierten Steigerung der Sprintleistung in der Krafttrainingsgruppe (KeKg) hat.

Es kann ebenfalls nicht statistisch abgesichert werden, welche der beiden verwendeten Krafttrainingsarten (Ke oder Kg) eher zu einer Muskelverkürzung führt. Da jedoch in der Ke-Gruppe der Kraftzuwachs vornehmlich in entdehnten Bereichen auftritt, in der Kg-Gruppe aber eher in mittleren und gedehnten Bereichen, kann die Vermutung, das Ke-Training führe eher zu einer Muskelverkürzung, beibehalten werden.

Daß sich das Dehnungstraining bzgl. des Kraftzuwachses ähnlich verhält wie das Krafttraining im entdehnten Zustand, mag in dem dynamischen Anteil des Dehnungstrainings begründet sein. Es sind nämlich hier reflektorische Kontraktionen - bedingt durch Spindeldehnung - zu vermuten, die möglicherweise für den Kraftzuwachs der Dehnungsgruppe verantwortlich zeichnen. Ob ein reines statisch passives Dehnen ähnliche Effekte zeigt, wird in einem derzeit anlaufenden Projekt untersucht.

Obwohl auch das Dehnungstraining (D-Gruppe) zu einem Kraftzuwachs führte, wurde die Sprintleistung hier nicht verbessert. Dies mag primär durch eine Abnahme der Stiffness der serienelastischen Elemente begründet sein (die durch die Abnahme des Elongationsfaktors angedeutet wird), wodurch eine explosive Übertragung der Kontraktionskraft verschlechtert wird. Dies mag auch der Grund dafür sein, daß in der kombinierten Kraft-Dehnungstrainingsgruppe (Ked, Kgd) keine signifikante Verbesserung der Sprintleistung auftritt.

Die Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskeln scheint keinen Einfluß auf die Sprintleistung zu haben. Aus den Erhebungen und dem Krafttrainingsexperiment scheint die Dehnfähigkeit weder von der Muskellänge noch von der Faserlänge abzuhängen, sondern allein von der äußeren Dehnungsspannung, die der Muskel bzw. die Vp zu ertragen bereit ist. Durch das Dehnungstraining wurde diese Resistenz gegenüber Dehnungsspannungen deutlich erhöht. Allerdings erhöhte auch das Krafttraining diese Resistenz, ohne jedoch die Dehnfähigkeit ansteigen zu lassen.

Diese Ergebnisse rechtfertigen eine gebührende Berücksichtigung eines Krafttrainings auch für die ischiocruralen Muskeln zur Verbesserung der Sprintleistung, scheinen aber von der Anwendung eines intensiven Dehnungstrainings abzuraten.

---

1) Hier wird unter Muskelverkürzung lediglich die Verlagerung des Dehnungszustandes, in dem das Kraftmaximum auftritt, in einen Gelenkstellungsbereich, der eine größere Entdehnung des Muskels bedeutet, verstanden.