

Wolff, R.¹, Brechtel, L.¹, Zinner, J.², Boldt, F.³

Muskelkraft, arthromuskuläres Gleichgewicht und Überlastungsschäden bei Schülern einer sportorientierten Gesamtschule

Muscle strength, arthromuscular integrity and orthopedic disorders in students of a sport-orientated secondary school

¹ Abteilung Sportmedizin, Institut für Sportwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin

² Olympiastützpunkt Berlin

³ Landesinstitut für Sportmedizin, Berlin

Zusammenfassung

Bei Schülern einer sportorientierten Gesamtschule (n=565, Altersklassen 13-17) wurde wiederholt eine erweiterte Muskelfunktionsdiagnostik durchgeführt. Auffallend sind deutliche muskuläre Verkürzungsmuster: die ischiocrurale Muskulatur war in allen Altersklassen bei mehr als 80% der Athleten verkürzt (Klassifikation nach JANDA). Überlastungszeichen waren bei 9 % der Probanden nachzuweisen. Ein Zusammenhang zwischen muskulären Verkürzungen und Muskelkraft sowie zwischen Muskelverkürzungen, spezifischen Kraftverhältnissen und Beschwerden bzw. auffälligen orthopädischen Befunden ließ sich jedoch nicht zeigen. Bei bestimmten Sportarten (Eisschnelllauf, Radsport, Leichtathletik) scheint sich ein spezifisches Verhältnis der Kraftwerte von Beugern zu Streckern der Beinmuskulatur herauszubilden. Der Mittelwert der männlichen Schüler bleibt in allen Altersklassen nahezu konstant (0,55-0,57). Bei den Leichtathleten steigt er bei den älteren Schülern von 0,52 auf 0,60 und mehr an, bei den Radsportlern fällt er auf 0,53 ab (Ausnahme 16jährige Schüler). Ob es sich hier um eine sportartspezifische Trainingsadaptation handelt - oder lediglich um eine Vernachlässigung der weniger stark beanspruchten Muskelgruppen - kann erst durch weitere Verlaufsuntersuchungen geklärt werden.

Schlüsselwörter: Kraft, muskuläre Dysbalancen, Überlastungsschäden, Muskelverkürzungen, JANDA

Einleitung und Fragestellung

Durch zahlreiche Einzeluntersuchungen mit meist nur geringem Probandengut ist belegt, dass Ausdauerleistungsfähigkeit und Muskelkraft bei Kindern und Jugendlichen mit zunehmendem Alter entwicklungsbedingt ansteigen und durch geeignete Trainingsformen weiter zu steigern sind. Bei diesen sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen werden in hohem Maße auch sogenannte muskuläre Dysbalancen - verkürzte tonische und abgeschwächte phasische Muskeln innerhalb einer kinetischen Kette - festgestellt (3). Derartige Funktionsstörungen werden als wesentliche Ursache von Verletzungen und späteren degenerativen Erkrankungen im Erwachsenenalter angesehen.

Summary

At a sport orientated secondary school 565 students , aged 13 to 17 years, have been examined several times. The muscular system was checked by physiotherapists using the classification of JANDA. The peak static strength of the hamstrings (H) and the quadriceps (Q) was measured and the H/ Q ratio was calculated. Striking is a high percentage of muscular shortening (hamstrings up to 80 %). Overload symptoms were found in 9 % of the students. No correlation existed between muscular shortening and muscle strength, or between muscle shortening, specific strength ratios and complaints or orthopedic findings. In some kinds of sports (skating, cycling, athletics) a specific ratio between hamstrings and the quadriceps seems to develop. The mean value remains nearly constant in all age groups (0.53 - 0.57). In older track and field athletes the ratio increases from 0.52 to 0.60. In cyclists the ratio decreases to 0.53 (except 16-year-old boys). Long term studies will be necessary in order to show if these results are caused by a specific training adaptation - or just by neglecting of the minor stressed muscles groups.

Key words: Strength, arthromuscular integrity, orthopedic disorders, overuse injuries, muscular shortening, JANDA

Normwerte für das Verhältnis bestimmter Muskelgruppen zueinander sowie aussagekräftige Studien über den Zusammenhang von Muskelkraft sowie Muskelverkürzungen und -verletzungen sind jedoch für Sportler im Kindes- und Jugendalter nicht bekannt. Ferner bleibt offen, ob bei bestimmten Sportarten ein verändertes „arthromuskuläres Gleichgewicht“ als Voraussetzung für eine hohe Leistungsfähigkeit anzusehen ist. An jugendlichen Leistungssportlern wurden daher folgende Fragestellungen untersucht

- Wie häufig treten Muskelverkürzungen bereits bei jugendlichen Sportlern auf ?
- Entwickeln sich sportartspezifische „muskuläre Dysbalancen“?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen Muskelkraft und Muskelverkürzungen ?

- Besteht ein Zusammenhang zwischen Muskelverkürzungen und spezifischen Kraftverhältnissen sowie Überlastungsbeschwerden und auffälligen orthopädischen Befunden?

Methodik

Vorgestellt werden ausgewählte Teilergebnisse einer Untersuchung an Schülern einer sportorientierten Gesamtschule. Die Klassen 7, 8 und 9 (Alter der Schüler/innen: 13, 14 und 15 Jahre, n = 565) wurden erstmals 1993/94 eingehend internistisch und orthopädisch untersucht (mit Erhebung der Trainings- und Verletzungsanamnese). 1994/95 und 95/96 erfolgten Nachuntersuchungen der jetzigen Klassen 8, 9, 10 bzw. 9, 10, 11. 1996/97 und 97/98 wurde nur die Klassenstufe 10 bzw. 11 nochmals erfaßt.

Beschwerdediagnostik:

Gefragt wurde gezielt nach Beschwerden im Bereich der unteren Extremität (Hüfte, Knie, Schienbein, Achillessehne und Fuß). Adduktoren, Tractus iliotibialis, Quadricepssehne, Patellarsehne, M. popliteus, Schienbeinkante und Achillessehne wurden palpirt und auf Druckschmerzhaftigkeit untersucht. Das retropatellare Gleitlager wurde auf Reibegeräusche und Kompressionsschmerz untersucht.

Tabelle 1: Anzahl, Alter, Gewicht, Trainings- und Verletzungsanamnese bzw. Untersuchungsbefund (* Gefragt wurde nach Beschwerden im Bereich der unteren Extremität - also im Bereich Hüfte, Knie, Schienbein, Achillessehne und Fuß. / ** Tendopathie: Adduktoren, Tractus iliotibialis, Quadricepssehne, Patellarsehne, M. popliteus, Schienbeinkante und Achillessehne wurden palpirt und auf Druckschmerzhaftigkeit im Verlauf und im Ansatzbereich untersucht. / *** Femoro-Patellargelenk: + = retropatellares Reiben beim Verschieben der Kniescheibe, ++ = retropatellarer Kompressionsschmerz, +++ = in ärztlicher Behandlung).

Alter	n	Gewicht	Größe	Größe	Trainingsalter (Jahre)	TE pro Woche	Beschwerden* (orthop. Bereich)	in Behandlung (%)	Tendopathie** (%)	Femoro-Patellargelenk		
										+	++	+++
13,6±0,3	186	51,2±0,4	164,6±9,2	164,6±9,2	4,8±2,5	5,1±1,8	5,9	3,8	9,7	20,4	15,6	1,1
14,6±0,4	274	57,6±10,4	171,6±9,6	171,6±9,6	5,8±2,6	5,4±2,2	12,0	7,7	8,9	35,3	11,4	0,4
15,5±0,4	389	62,5±9,8	175,7±8,5	175,7±8,5	6,1±2,9	5,4±2,2	12,9	7,1	11,1	29,0	16,7	1,8
16,5±0,3	262	66,3±9,3	178,0±7,5	178,0±7,5	7,1±2,8	5,6±2,5	10,6	8,0	16,0	30,8	16,8	1,6
17,4±0,3	37	72,5±10,9	180,0±7,8	180,0±7,8	8,7±2,4	6,3±2,6	10,5	8,1	21,6	38,9	19,4	-

Muskelverkürzungen:

Zwei in der Untersuchungstechnik erfahrene Physiotherapeuten überprüften M. iliopsoas, Adduktoren, ischiocrurale Muskulatur und M. rectus femoris modifiziert nach JANDA (7) auf Verkürzungen. Überprüft wird hierbei, ob die Beweglichkeit in einem Gelenk durch Verkürzungen eingeschränkt wird. Der Wert 5 entspricht dabei einer freien Beweglichkeit, der Wert 3 einer deutlichen Einschränkung.

Kraftdiagnostik:

Bestimmt wurde die statische Maximalkraft von Beugern und Streckern des Kniegelenkes im Sitzen bei definierten Winkelstellungen (50°, 80°, 100°, Motronik, Fa. SCHNELL). Pro Winkelstellung erfolgten jeweils 3 Messungen, notiert wurde der Maximalwert aller 9 Versuche.

Berechnet werden die Kraftverhältnisse von Beugern zu Streckern (B/S) in den einzelnen Altersstufen und Sportarten, wobei jeweils alle 13, 14, 15, 16 und 17jährigen Schüler über den gesamten Untersuchungszeitraum berücksichtigt werden.

Unterschiede zwischen den Altersklassen sowie mögliche Zusammenhänge zwischen Muskelkraft, Verkürzung und Beschwerden wurden mittels Varianzanalyse (ANOVA) und multipler Mittelwertvergleiche unter Nutzung von post-hoc-Tests nach Student-Newman-Keuls überprüft. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt. Alle Messungen wurden von eingewiesenem, gleichbleibendem Untersuchungspersonal vorgenommen. So konnten für alle Probanden einheitliche Untersuchungsbedingungen (Vorbereitung, Durchführung, externe Motivation) gesichert werden. Die Testgeräte sind von professionellen Herstellern und werden nur zu diagnostischen Zwecken eingesetzt. Stichproben zeigten eine hohe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, so daß auf (statistische) Reliabilitätstest verzichtet werden konnte.

Ergebnisse

Anthropometrische Daten und Auffälligkeiten im Bereich des Bewegungsapparates:

Die anthropometrischen Daten sowie Angaben zur Trainings- und Verletzungsanamnese der untersuchten Schüler können der Tabelle 1 entnommen werden.

Bei den Schülern sind Fußball, Judo, Leichtathletik (LA), Eisschnellauf und Eishockey die beliebtesten Sportarten,

wobei mit zunehmendem Alter das Interesse am Sport generell abnimmt. Die 13jährigen Schüler haben vor 5 Jahren mit dem Sport begonnen und trainieren bereits durchschnittlich 5 x pro Woche mit leicht steigender

Tendenz bis zum 16. Lebensjahr (6x pro Woche Training, Trainingsumfang bis zu 20 Stunden pro Woche). Nach der 10. Klasse verlassen viele Schüler die Gesamtschule, daher sinkt die Anzahl der älteren Probanden erheblich.

Beschwerden im Bereich des Bewegungsapparates:

Über Beschwerden klagten in den Untersuchungszeiträumen 6 - 13% der Schüler und 9-17% der Schülerinnen, in Behandlung waren 4 - 9%. Im wesentlichen handelte es sich hier um Überlastungsbeschwerden im Kniebereich (Insertionstendopathien des Lig. patellae, Schmerzen im Bereich des Femoro-Patellargelenkes), die eine Modifizierung des Trainings sowie physikalische Therapie erforderten.

Muskelverkürzungen:

Bei den hier untersuchten 13 - 17jährigen Schülern finden sich deutliche Muskelverkürzungen bei Durchführung des JANDA-Tests (s. Tab. 2a und 2b). Weniger als 20% der Schüler zeigen keine oder nur eine Auffälligkeit. Zur Verkürzung neigen vor allem die ischiocrurale Muskulatur, bei den älteren Schülern dann die Adduktoren.

Tabelle 2a: Prozentuales Auftreten von Muskelverkürzungen bei den männlichen Schülern in Abhängigkeit von der Altersklasse (Klassifikation nach JANDA). Der Wert 5 entspricht freier Beweglichkeit, der Wert 3 einer deutlichen Bewegungseinschränkung durch Muskelverkürzung.

Altersklasse	13			14			15			16			17		
	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3
Wert nach JANDA															
Ischiocr. M.	21,0	52,7	26,3	20,8	46,0	33,2	19,8	47,3	32,9	17,6	42,0	40,5	27,0	32,4	40,5
M. rect. fem.	46,8	43,5	9,7	43,2	49,8	7,0	37,4	50,0	12,6	27,6	56,3	16,1	18,9	62,2	18,9
M. iliopsoas	25,8	60,8	13,4	29,9	59,5	10,6	26,5	64,3	9,3	25,7	62,5	11,9	24,3	62,2	13,5
Adduktoren	38,7	57,0	4,3	33,2	56,6	10,2	29,3	60,4	10,3	34,7	56,5	8,8	32,4	56,8	10,8
n=1148	n=186			n=274			n=389			n=262			n=37		

Tabelle 2b: Prozentuales Auftreten von Muskelverkürzungen bei den weiblichen Schülern in Abhängigkeit von der Altersklasse.

Altersklasse	13			14			15			16			17		
	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3
Wert nach JANDA															
Ischiocr. M.	52,9	32,9	14,1	54,6	34,8	10,6	60,9	30,1	9,0	53,0	38,3	8,7	53,3	40,0	6,7
M. rect. fem.	68,2	28,2	3,5	65,7	30,7	3,6	58,7	38,1	3,2	63,5	29,6	7,0	80,0	20,0	0,0
M. iliopsoas	47,1	48,2	4,7	41,1	54,6	4,3	47,4	48,1	4,5	40,2	28,8	11,4	40,0	53,3	6,7
Adduktoren	52,9	44,7	2,4	58,2	36,2	5,7	65,4	32,1	2,6	69,6	28,7	1,7	60,0	33,3	6,7
n=503	n=85			n=141			n=156			n=115			n=15		

Kraftentwicklung:

Die Tabellen 3a-c stellen die relative Kraftentwicklung der linken Kniebeuger und -strecker in 3 unterschiedlichen Sportarten (Radsport, Schwimmen und LA) dar. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte in den Altersklassen 13, 14, 15,

Tab. 3a - c: Entwicklung der statischen Kraft des linken Beines.

Tabelle 3a: Männliche Radsportler

AK	Beuger (N/kg)	Strecker (N/kg)	BS
13 (n=7)	1,65±0,22	3,00±0,40	0,56±0,09
14 (n=13)	1,63±0,31	3,01±0,41	0,53±0,07
15 (n=21)	1,74±0,29	3,35±0,58	0,53±0,12
16 (n=16)	1,80±0,35	3,22±0,62	0,60±0,31
17 (n=1)	1,31	2,61	0,50
(n=51)			0,55±0,16

Tabelle 3b: Männliche Schwimmer

AK	Beuger (N/kg)	Strecker (N/kg)	BS
13 (n=10)	1,57±0,28	3,11±0,45	0,50±0,08
14 (n=23)	1,80±0,40	3,43±0,55	0,53±0,13
15 (n=32)	1,92±0,37	3,61±0,57	0,54±0,10
16 (n=25)	1,98±0,20	3,68±0,56	0,55±0,08
17 (n=3)	1,85±0,29	3,77±0,14	0,49±0,09
(n=90)			0,53±0,09

Tabelle 3c: Männliche Leichtathleten

AK	Beuger (N/kg)	Strecker (N/kg)	BS
13 (n=20)	1,52±0,28	2,96±0,54	0,52±0,10
14 (n=25)	1,84±0,40	3,07±0,59	0,61±0,12
15 (n=27)	2,16±0,54	3,32±0,63	0,67±0,22
16 (n=15)	2,13±0,44	3,68±0,72	0,60±0,06
17 (n=1)	2,48	4,00	0,62
(n=88)			0,61±0,16

16 und 17 Jahre ($N \cdot kg^{-1}$ Körpergewicht), ferner der Quotient Maximalkraft Beuger zu Maximalkraft Strecker.

Bei der Untersuchung des Quotienten (max. Muskelkraft der Beuger / max. Muskelkraft der Strecker) zeigten sich sportartspezifisch unterschiedliche Entwicklungen, jedoch keine statistisch signifikant ausgeprägten Unterschiede*.

Bei den Radsportlern sinkt der Quotient von 0,56 bei den 13jährigen auf 0,53 bei den 15jährigen Jungen, scheint dann wieder leicht anzusteigen. Die Kniegelenksstrecker entwickeln sich also tendenziell stärker als die Kniegelenksbeuger. Bei den Leichtathleten zeigt sich eine gegenläufige Tendenz. Hier steigt der Quotient von 0,52 bei 13jährigen auf Werte von 0,60 und darüber bei den älteren Probanden. Die Beuger - teilweise gleichzeitig Strecker im Hüftgelenk - entwickeln sich hier also relativ stärker. Wegen der geringen Anzahl der Probanden dürfen diese Ergebnisse jedoch nicht überinterpretiert werden, sie sind durch weitere Untersuchungen zu

sichern. Die Kraftwerte des rechten Beines wurden ebenfalls erfasst, sie unterscheiden sich nicht signifikant von der linken Seite. (Da hier die Ergebnisse von Querschnittsuntersuchungen dargestellt werden, ist über eine „Entwicklung“ nur eine bedingte Aussage möglich). Tabelle 4 zeigt zusammenfassend die Änderung des Kraftverhältnisses der Kniegelenksbeuger zu den Kniegelenksstreckern links bei männlichen Athleten in unterschiedlichen Sportarten.

Tabelle 4: Kraftverhältnis Beuger / Strecker des linken Beines (männliche Probanden; bei den 17-Jährigen handelt es sich teilweise um Einzelbeobachtungen, vgl. Tab. 3a-c)

	Altersklasse				
	13	14	15	16	17
Eisschnelllauf	0,47	0,54	0,57	0,58	(0,52)
Fußball	0,53	0,60	0,56	0,60	(0,58)
LA	0,52	0,61	0,67	0,60	(0,62)
Rad	0,56	0,53	0,53	0,60	(0,50)
Schwimmen	0,50	0,53	0,54	0,55	(0,49)
alle Schüler	0,52	0,55	0,57	0,57	0,57

* Die generelle Problematik von Kraftmessungen soll hier nicht diskutiert werden (6). Auch die bei der Aktivierung eines Muskels eventuelle gleichzeitige Kontraktion der Antagonisten wird nicht erfaßt bzw. berücksichtigt (9). Die Bedeutung des Verhältnisses der Muskelkraft zwischen Agonist und Antagonist - besonders eine eventuelle präventive Bedeutung - ist letztlich unklar. Angegeben ist hier jeweils der Quotient der Maximalwerte. Die maximalen Drehmomente für Streckung und Beugung werden nicht bei gleicher Winkelstellung erreicht, der Vergleich wäre also eigentlich nur bei identischer Winkelstellung gerechtfertigt - jedenfalls, wenn halbwegs „reale“ Verhältnisse wiedergegeben werden sollen (5). Die Interpretation sollte auch deshalb zurückhaltend erfolgen, da die Quotienten einer hohen interindividuellen Variabilität unterliegen (4). Die hier aufgeführten Untersuchungen sollen erste Anhaltspunkte - insbesondere für sportartspezifische Normwerte - liefern.

Tabelle 5: Unterschiede der relativen statischen Maximalkraft der Beuger links in Bezug auf den Muskelstatus der ischiocruralen Muskulatur nach JANDA bei 1143 männlichen (m) und 506 weiblichen (w) Schülern

Muskelstatus	Relative Kraft N·kg ⁻¹	Signifikanz
JANDA 3 m (n=387) w (n=52)	1,82±0,39 1,54±0,32	n. s. n. s.
JANDA 4 m (n=530) w (n=173)	1,79±0,39 1,53±0,32	p<0,05 n.s.
JANDA 5 m (n=226) w (n=281)	1,86±0,35 1,56±0,29	p<0,05 n.s.

Zusammenhang zwischen Muskelkraft und Muskelverkürzungen:

Um einen eventuellen Zusammenhang zwischen einer hohen relativen Kraft der ischiocruralen Muskulatur und einer Verkürzung dieser Muskelgruppe bzw. einer hohen relativen Kraft der Kniegelenksstrecker und einer Verkürzung des M. rectus femoris nachzuweisen, wurden die klassifizierten Untersuchungsergebnisse nach JANDA auf Unterschiede bezüglich der Muskelkraft überprüft (Tab. 5a und b, 6a und b).

Während bei den Mädchen keinerlei statistische Zusammenhänge zwischen Muskelkraft und -verkürzungen bestehen, sind die Ergebnisse bei den Jungen widersprüchlich. Bei den Beugern sind die Kraftwerte bei unauffälliger Muskulatur (JANDA 5) signifikant höher als bei einer leichten Verkürzung (JANDA 4). Dagegen finden sich bei leicht verkürzter Streckmuskulatur die höchsten Kraftwerte. In beiden Fällen besteht jedoch kein signifikanter Kraftunterschied bei unauffälliger und deutlich verkürzter Muskulatur (JANDA 3).

Zusammenhang zwischen Muskelverkürzungen und Überlastungsbeschwerden:

Auch zwischen Muskelverkürzungen und Auffälligkeiten des retropatellaren Gleitlagers läßt sich kein Zusammenhang erkennen bzw. statistisch absichern (Abb. 1).

Von 1632 Schülern haben 743 (45,5%) einen unauffälligen M. rectus femoris, 734 (45,0%) den Status JANDA 4, 155 (9,5%) eine erhebliche Verkürzung (JANDA 3). Das retropatellare Gleitlager war bei 953 Schülern (58,4%) unauffällig, retropatellare Reibegeräusche ließen sich in 436 Fällen (26,7%), Reibegeräusche mit Kompressionsschmerz in 224 Fällen (13,7%) nachweisen.

Von den 224 Schülern mit Kompressionsschmerz hatten 28 (12,5%) deutliche Muskelverkürzungen (JANDA 3), 116 (51,8%) waren unauffällig. In Behandlung wegen eines femoropatellaren Schmerzsyndroms waren 19 Schüler (1,2%).

Tabelle 6: Unterschiede der relativen statischen Maximalkraft der Strecker in Bezug auf den Muskelstatus des M. rectus femoris nach JANDA bei 1140 männlichen (m) und 504 weiblichen (w) Schülern.

Muskelstatus	Relative Kraft N·kg ⁻¹	Signifikanz
JANDA 3 m (n=134) w (n=21)	3,30±0,65 2,82±0,63	n. s. n. s.
JANDA 4 m (n=581) w (n=161)	3,37±0,61 2,81±0,56	p<0,05 n.s.
JANDA 5 m (n=425) w (n=322)	3,26±0,59 2,82±0,48	p<0,05 n.s.

3 dieser Schüler gehören zur Gruppe der 155 Schüler mit deutlicher Muskelverkürzung (1,9% von 155), 9 Schüler zur Gruppe der 743 ohne muskuläre Auffälligkeit (0,8%). Es scheinen also Schüler mit deutlicher Verkürzung doppelt so häufig in Behandlung zu sein - wegen der geringen Anzahl läßt sich hier aber allenfalls eine Tendenz ableiten.

Diskussion

Der Bewegungsumfang eines Gelenkes wird durch die Formgebung der korrespondierenden Knochen - und Knorpelanteile und den Verlauf der Kapsel- und Bandstrukturen bestimmt. Für die Stabilisierung des Gelenkes in jeder Stellung

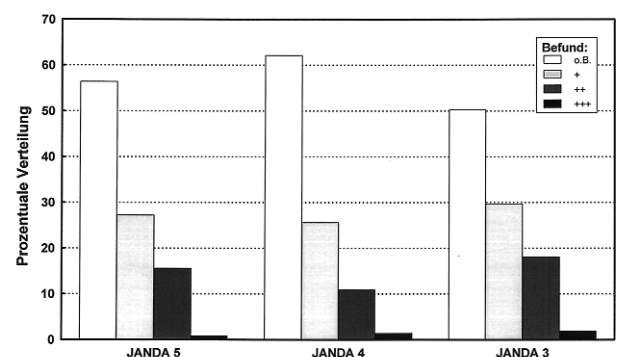


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Befunde des Femoro-Patellargelenkes in Bezug auf die Muskelverkürzungen

ist eine kräftige Muskulatur erforderlich, die ihrerseits die maximale Bewegungsamplitude begrenzen kann. Häufig beanspruchte Muskelgruppen gewinnen an Querschnitt (insbesondere beim Krafttraining) und neigen zu Verkürzungen (10), während die Antagonisten eine Abschwächung und Verlängerung erfahren. Im arthromuskulären Gleichgewicht ist die das Gelenk umgebende Muskulatur so entwickelt, dass eine gleichmäßige Druckverteilung auf die Gelenkflächen gewährleistet ist. Die einseitige Verkürzung einer Muskelgruppe kann eine gewisse Positionsverlagerung des Gelenkes aus der Ruhelage und damit eine veränderte Belastung des Knorpels nach sich ziehen. Fehlbelastungen und vorzeitige degenerative Veränderungen wären mögliche Folgen. Werden derartige Missverhältnisse rechtzeitig erkannt, könnte eine Dehnung der verkürzten Agonisten und ein Auftrainieren der abgeschwächten Antagonisten mögliche Fehlbelastungen verhindern.

Zur Muskelfunktionsdiagnostik werden meist semiobjektive Methoden angewendet, die sich in der Praxis ohne großen technischen Aufwand durchführen lassen. Bei einer Muskelverkürzung oder besser „verminderter Dehnbarkeit“ ist der betroffene Muskel im Ruhezustand kürzer als normal, er läßt sich passiv nicht so weit dehnen, wie es dem vollen Bewegungsausmaß des zugeordneten Gelenkes entsprechen würde. Bei der Untersuchung der verkürzten Muskelgruppe handelt es sich also im Prinzip um die Messung des passiven Bewegungsausmaßes des Gelenkes, und zwar in der Lage und Richtung, die eine isolierte, genau bestimmte Muskelgruppe erfassen kann (7).

Insgesamt ist mit den bisher vorliegenden Daten eine Zuordnung von muskulären Verkürzungen zu bestimmten Sportarten, muskulären Kraftverhältnissen oder angegebenen Beschwerden nicht möglich. Die muskulären Verkürzungen treten bei allen Sportarten und auch bei den nichtsporttreibenden Schülern auf. Auch die Hypothese, eine für bestimmte Sportarten erforderliche sehr kräftige Quadricepsmuskulatur bedingt in diesem Bereich vermehrt Verkürzungen und eine vermehrte Zugbelastung am Lig. patellae sowie einen erhöhten Anpressdruck der Kniescheibe im retropatellaren Gleitlager - und damit ein Patella-Spitzensyndrom und/oder eine Chondropathie - lässt sich bisher nicht bestätigen.

59 Schüler und Schülerinnen, die beim ersten Durchgang 93/94 13 Jahre alt waren, konnten drei weitere Male nachuntersucht werden. Die Mittelwerte in den einzelnen Altersstufen entsprechen in ihrer Größenordnung den Werten der Querschnittsuntersuchungen. Auch die Häufigkeit der Muskelverkürzungen und Beschwerden weicht bei der Längsschnittstudie nicht von den Werten der Querschnittsuntersuchungen in den entsprechenden Altersgruppen ab. Des Weiteren lässt sich bei den Probanden der Längsschnittstudie kein Zusammenhang zwischen Kraft, Muskelverkürzungen und Beschwerden (Tendopathien, Chondropathien) herstellen. Dieser Befund steht teilweise im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Studien, während die Häufigkeit von Muskelverkürzungen auch von anderen Autoren in einer ähnlichen Größenordnung beschrieben wird. So fanden *Betz u. Mitarbeiter* bei bis zu 70% der von ihnen untersuchten jugendlichen Athleten Störungen der Muskelfunktion (2). Angesichts dieser Befunde stellt sich allerdings die Frage, ob es sich in der vorliegenden Studie, insbesondere bei geringgradigen Funktionsstörungen der Stufe 4, nicht um trainingsbedingte Adaptationen ohne pathologischen Hintergrund handelt. *Betz u. Mitarbeiter* sahen allerdings bei Athleten mit Achillodynien ausgeprägte Verkürzungen der Wadenmuskulatur. Beschwerdebilder im Sinne einer Chondropathie gingen einher mit einem verkürztem M. rectus femoris (2).

Rupp und Kuppig (8) wiesen bei jugendlichen Fußballern Verkürzungen des M. iliopsoas und des M. rectus femoris nach. Sie sahen ferner einen Zusammenhang zwischen Muskelverkürzungen, Lebensalter und Verletzungshäufigkeit. *Smith und Mitarbeiter* (11) fanden eine Korrelation zwischen der Dehnbarkeit des M. rectus femoris und Kniebeschwerden bei Eiskunstläufern. *Van Mechelen und Kemper* (12) konnten dagegen nicht nachweisen, daß muskuläre Dysbalancen zu Verletzungen bei Läufern führen.

Bemerkenswert ist die zeitliche Kraftentwicklung in den einzelnen Sportarten. So wachsen relative und absolute Kraft bei den männlichen Schwimmern vor allem zwischen dem 13. und 14. Lebensjahr, zwischen dem 14. und 15. Lebensjahr sind die Veränderungen wesentlich geringer. In den anderen Sportarten erfolgt der größere Kraftzuwachs insbesondere bei den Streckern zwischen dem 14. und 15. Lebensjahr. Eine Ursache mag hier in der unterschiedlichen biologischen Altersverteilung zu sehen sein. Alle 13jährigen Schwimmer sind deutlich akzeleriert, sie sprechen u. U. daher auf ein Krafttraining schon früher an (13).

Bei bestimmten Sportarten (Eisschnelllauf, Radsport, Leichtathletik) scheint sich ein spezifisches Verhältnis der Kraftwerte von Beugern zu Streckern der Beinmuskulatur herauszubilden. Der Mittelwert der männlichen Schüler bleibt in allen Altersklassen nahezu konstant (0,55-0,57). Bei den Leichtathleten steigt er bei den älteren Schülern von 0,52 auf 0,60 und mehr an, bei den Radsportlern fällt er auf 0,53 ab (Ausnahme 16jährige Schüler). Ob es sich hier um eine sportartspezifische Trainingsadaptation handelt - oder lediglich um eine Vernachlässigung der weniger stark beanspruchten Muskelgruppen - kann erst durch weitere Verlaufsuntersuchungen geklärt werden. Insgesamt entspricht jedoch das spezifische Kraftverhältnis den Ergebnissen anderer Publikationen (1).

Danksagung

Die Untersuchungen wurden gefördert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP-Nr. VF 0407 / 05 / 15 / 98).

Literatur

1. *Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P*: A new concept for isokinetic hamstring : quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med* 26 (1998) 231-237.
2. *Betz M, Hottenrott K, Klimt F*: Muskelfunktionsstörungen bei jugendlichen Leistungssportlern. *Präv Orthopäd* (1993), 452-455.
3. *Betz M, Schiffler E, Klimt F*: Muskelfunktionsstörungen im Kindesalter. *Prakt. Sporttraumatol. Sportmed.* 8 (1993), 2-5.
4. *Freiwald J, Engelhardt M*: Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport. *Dtsch Z Sportmed* 47 (1996), 99-106.
5. *Grimby G*: Clinical Aspects of Strength and Power Training, in Komi, P.V. (Ed.): *Strength and Power in Sports*. Volume III of the Encyclopaedia of Sports Medicine. Blackwell Science, Oxford, 1994, 338-354.
6. *Hay IG*: Mechanical basis of strength expression, in Komi, P.V. (Ed.): *Strength and Power in Sports*. Volume III of the Encyclopaedia of Sports Medicine. Blackwell Science, Oxford, 1994, 197-207.
7. *Janda V*: Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. 3. Auflage, Ullstein-Mosby, Berlin, 1994.
8. *Rupp S, Kuppig R*: Muskeldehnbarkeit und Verletzungshäufigkeit im Fußballsport. Prospektive Untersuchung über eine Saison. *Dtsch Z Sportmed* 46 (1995), 127-132.
9. *Sale DG*: Neurale Adaptation im Verlauf eines Krafttrainings, in Komi, P.V. (Hrsg.): *Kraft und Schnellkraft im Sport*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 1994, 249-265.
10. *Schnack G*: Intensivstretching und Ausgleichsgymnastik. Deutscher Ärzteverlag, Köln, 1994.
11. *Smith AD, Stroud L, McQueen C*: Flexibility and anterior knee pain in adolescent elite figure skaters. *J Pediatr Orthop* 11 (1991), 77-82.
12. *Van Mechelen W, Hlobil H, Rep MHG, Stroboos W, Kemper HCG*: Running injuries and hamstring and quadriceps weakness and balance: A case-control study in male runners. *Sports Med Training Rehabil* 5 (1994), 83-93.
13. *Wolff R, Zinner J, Bär J*: Die Leistungsfähigkeit (Kraft, Ausdauer) der Schüler einer sportorientierten Gesamtschule - Erste Ergebnisse. In: J. Krug, H.-J. Minow (Hrsg.): *Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft*, Bd. 70, Academia Verlag, St. Augustin 1995, 333-340.

Anschrift für die Verfasser:

Prof. Dr. med. Roland Wolff

Abteilung Sportmedizin, Institut für Sportwissenschaft

Humboldt-Universität zu Berlin

Fritz-Lesch-Str. 29, 13053 Berlin

Tel.: 030/9717-3526, Fax: 9717-2478

e-mail: Sportmedizin@rz.hu-berlin.de