

G. Wydra

Sit-Ups am Schrägbrett: Untersuchungen zur Effektivität als Bauchmuskeltraining und zur Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur

Inclined sit-ups; Studies on the effectiveness as abdominal training and on shortening of the hip flexors

Arbeitsbereich Sport- und Gesundheitspädagogik des Sportwissenschaftlichen Instituts der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Zusammenfassung

In der Praxis des Sports werden die klassischen Bauchmuskelübungen abgelehnt, weil sie u. a. angeblich die Bauchmuskulatur zu wenig trainieren und die Hüftbeugemuskulatur verkürzen sollen. Für keine dieser beiden Behauptungen liegen hinreichende empirische Befunde vor. In dem vorliegenden Experiment mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe trainierten die Mitglieder der Versuchsgruppe über einen Zeitraum von 6 Wochen die Bauch- und Hüftbeugemuskulatur am Schrägbrett. Erfasst wurde die Veränderung der Maximalkraft der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur, die Dehnfähigkeit der Hüftbeugemuskulatur durch das Gewicht des Beines, die maximale Dehnfähigkeit und die maximal tolerierte Dehnungsspannung. Die Kraft der Bauchmuskulatur verbessert sich signifikant in der Versuchsgruppe um 20,3 % (Kontrolle 6,6 %) und die der Hüftbeugemuskulatur um 25,1 % (Kontrolle 10,2 %). Die Dehnfähigkeit verschlechtert sich signifikant in der Versuchsgruppe um 14,9 % bzw. 14,8 % in der Kontrollgruppe. Die maximale Dehnfähigkeit verändert sich nicht. Die maximal tolerierte Dehnungsspannung erhöht sich signifikant um 59,0 % in der Versuchsgruppe und 49,4 % in der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse dokumentieren, dass Sit-Ups am Schrägbrett eine sehr effektive Übung zur Kräftigung der Bauchmuskulatur darstellen und hierdurch keine Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur ausgelöst wird. Die verschlechterte Dehnfähigkeit hängt nicht mit den Sit-Ups am Schrägbrett, sondern mit den Trainingsbelastungen der Probanden innerhalb ihres Sportstudiums zusammen. Insbesondere im Sport sind mehrgelenkige Bewegungen im Training zu bevorzugen, weil nur so ein Transfer auf die Zielübungen gewährleistet wird.

Schlüsselwörter: Bauchmuskeltraining, Verkürzung der Hüftbeuger, Dehnfähigkeit der Hüftbeuger

Einleitung

Das Training der Bauchmuskulatur besitzt aufgrund funktionseller und ästhetischer Gründe eine hohe Bedeutung nicht nur im Sport. Als Übungen der Wahl werden heute Crunchesvarianten durchgeführt. Früher wurden hierzu auch Sit-Ups, Klappmesser, Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett,

Summary

In sports practice, the classical abdominal muscle exercises are rejected because they supposedly train the abdominal muscles too little and shorten the hip flexors. There are no adequate empirical data for either of these two claims. In this study, with a test group and a control group, the test group trained abdominal and hip flexor musculature on the angle board for a period of 6 weeks. Changes in maximum strength of abdominal and hip flexor muscles, maximum extensibility of the hip flexors from the leg weight and the maximum tolerated extension force were recorded. Abdominal strength improved significantly in the test group by 20.3% (controls 6.6%) and that of the hip extensor muscles by 25.1% (controls 10.2%). The extensibility deteriorated significantly in the test group by 14.0% and 14.8% in the control group. The maximum extensibility did not change. The maximum tolerated tension force increased significantly by 59.0% in the test group and 49.4% in the control group.

The results document that sit-ups on the angle board are a very effective form of exercise for strengthening abdominal muscles and do not elicit a shortening of the hip flexors. The reduced extensibility does not depend on the sit-ups on the angle board, but on training stress of the subjects studying physical education. Multi-joint movements should be preferred in training, especially in sports, since this is the only means of ensuring transfer to the target exercises.

Key words: abdominal muscle exercises, shortening of the hip flexors, extensibility of the hip flexors

Beinhebungen an der Sprossenwand oder aus der Rückenlage und andere Übungen angewandt. Diese Übungen werden heute abgelehnt, weil

1. sie angeblich schwerpunktmäßig die Hüftbeuger aber nicht die Bauchmuskulatur trainieren würden und
2. dieses Training der Hüftbeugemuskulatur zu einer Verkürzung eben dieser Muskelgruppe führen würde (5, 14).

Des weiteren wird angenommen, dass durch solche Übungen eine Schädigung der Wirbelsäule provoziert werden könne (19). Auf diesen Aspekt kann an dieser Stelle nicht vertiefend eingegangen werden. Es kommt zwar zu einer Mehrbelastung der verschiedenen Strukturen der Wirbelsäule (2, 20, 28), aber andererseits liegen keine empirischen Befunde zu einer möglichen Schädigung der Wirbelsäule durch die oben genannten Übungen vor. Es ist eher davon auszugehen, dass eine gelegentliche und technisch saubere Ausführung zu keiner Schädigung einer gesunden Bandscheibe führt.

ad 1: Ungenügende Aktivierung der Bauchmuskulatur

Schon 1965 hat *Kendall* (11) die Kritik an den Sit-Ups als Testübung zur Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur herausgearbeitet. Die Kritik richtet sich gegen den Versuch, über eine relativ komplexe Übung Aussagen über die Kraft der Bauchmuskulatur machen zu wollen, ohne dabei den Einfluss anderer Muskelgruppen - wie z. B. der Hüftbeuger - zu eliminieren.

Die zahlreichen Empfehlungen zur Ausschaltung des Hüftbeugers beim Rumpfaufrichten basieren auf Überlegungen zur Funktionalität der betreffenden Muskeln und Muskelgruppen (4, 10). Genauere Aufschlüsse verspricht man sich im Allgemeinen von EMG-Untersuchungen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass mit EMG-Untersuchungen nicht alle Muskeln erfasst werden können. Insbesondere die Hüftbeugemuskulatur entzieht sich einer Betrachtung durch ein Oberflächen-EMG. Hier müssen Nadelelektroden eingesetzt werden (1, 3).

Eine Reihe von EMG-Untersuchungen zeigten, dass es unabhängig von der beim Rumpfaufrichten gewählten Ausgangsposition zu typischen Innervationsmustern kommt, wobei sogar weit entfernte und antagonistische Muskelgruppen beteiligt sind (23), dass die Bauchmuskulatur während solcher Übungen hoch bzw. maximal aktiv ist (1, 9, 15, 16, 23), dass bei verschiedenen Formen des Rumpfaufrichtens - z. B. mit fixierten und nicht-fixierten Beinen, gestreckten und gebeugten Knien - keine bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich der Aktivität der Bauchmuskulatur zu beobachten sind (1, 6, 23) und dass beim Aufrichten mit gebeugten Beinen der Hüftbeuger früher aktiv wird als beim Aufrichten mit gestreckten Knien (17). Des weiteren wurde gezeigt, dass viele funktionsgymnastische Übungen für ein Krafttraining - zumindest mit leistungsfähigeren Menschen - ungeeignet sind, weil sie nicht intensiv genug die Zielmuskulatur ansprechen und damit keinen Trainingsreiz ausüben (15). In einer dimensionsanalytischen Untersuchung, bei der verschiedene Crunches-Varianten, Sit-ups, Beinhebungen aus der Rückenlage sowie ein Maximalkrafttest der Bauchmuskulatur beleuchtet wurden, konnte die Bauchmuskulatur bei Sit-ups und Beinhebungen als die leistungsdeterminierende Muskelgruppe identifiziert werden (29). Trainingsexperimente zur Frage der Effektivität bestimmter Übungen im Rahmen eines mehrwöchigen Trainingsprozesses stehen noch aus bzw. sind dem Autor nicht bekannt. Die Hypothese, wonach die klassischen Übungen nicht die Bauchmuskulatur sondern hauptsächlich die Hüftbeugemuskulatur bean-

spruchten, kann empirisch-experimentell nicht gestützt werden.

ad 2: Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur

Die Verkürzungstendenz des Hüftbeugers wird über seine Zugehörigkeit zur Gruppe der posturalen Muskeln erklärt (8, 22). Die Verkürzungstendenz ist nach *Janda* (8) eine relativ physiologische Reaktion dieser Muskelgruppen, die unabhängig von pathologischen Geschehnissen auch unter normalen Bedingungen als allgemeine Entwicklungstendenz während des Lebens auftritt. Die Kategorisierung der Muskulatur in phasische und tonische ist theoretisch nicht haltbar und kann als Meisterlehre bezeichnet werden (7, 12, 31). Während durch funktionsorientierte Tests, wie den Muskelfunktionstest von *Janda* (8), Muskelverkürzungen in der Praxis scheinbar relativ einfach festzustellen sind, sind die messtechnischen Probleme beim Versuch, objektiv und reliabel die Muskellänge zu erfassen, nicht zu unterschätzen (13, 25, 26). Auch bestehen erhebliche Differenzen bezüglich der Operationalisierung des Konstrukts Muskellänge. *Wiemann* (26) ist der Auffassung, dass die Muskellänge nicht über die Dehnfähigkeit, sondern nur über die Bestimmung der Kraft-Winkelbeziehung bestimmt werden kann. Der Autor ist der Ansicht, dass als Indikator der Muskellänge auch die Dehnfähigkeit erachtet werden kann. Auf die theoretischen Grundlagen der Muskeldehnung kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden (30).

Zusammenfassend bleibt hier festzuhalten, dass das Konstrukt der muskulären Dysbalance theoretisch wenig fundiert ist und aufgrund vielfältiger theoretischer und messtechnischer Gründe bisher empirisch nicht hinreichend evaluiert wurde. Die Hypothese, es käme durch ein Training der Hüftbeugemuskulatur zu einer Verkürzung der Hüftbeuger hat keinen empirisch-experimentellen Gehalt.

Auf der Basis dieser Überlegungen lässt sich folgende Fragestellung formulieren: Welchen Einfluss hat ein Krafttraining am Schrägbrett auf die Entwicklung der Kraft von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur und die Dehnfähigkeit der Hüftbeugemuskulatur?

Material und Methoden

Probanden

Als Probanden fungierten 52 Sportstudierende. Diese entstammten zwei verschiedenen Seminaren der Methodenausbildung, in denen das experimentelle Arbeiten in Theorie und Praxis bearbeitet wurde. Die Teilnehmer waren über die Versuchsanordnung ausführlich informiert und waren mit der Testdurchführung einverstanden. Es wurden die allge-

Tabelle 1: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) der biometrischen Daten in Versuchs- (VG) und Kontrollgruppen (KG).

		Alter (Jahre)		Größe (m)		Gewicht (kg)	
		M	SD	M	SD	M	SD
VG	m	23,2	2,1	181,6	7,3	74,6	6,9
	w n=11	21,5	1,9	170,1	4,8	59,3	2,9
KG	m n=16	24,2	3,7	181,7	4,9	77,8	6,0
	w n=11	22,5	3,2	171,3	4,7	60,7	5,9

mein im Fachbereich geltenden Richtlinien beachtet. Die Teilnehmer wurden zufällig der Versuchs- bzw. Kontrollgruppe zugewiesen (Tab. 1).

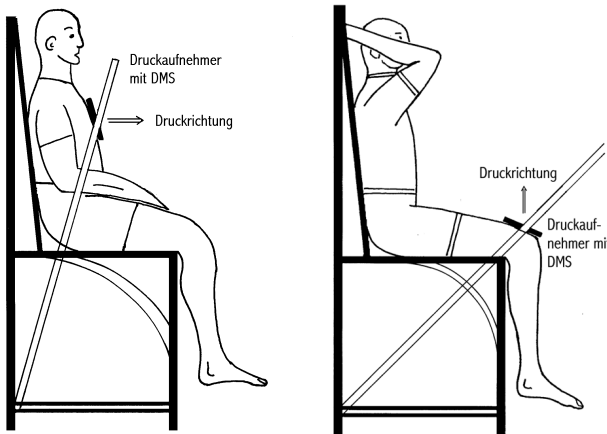


Abbildung 1: Testübung auf dem Kraftmessstuhl zur Erfassung der Kraft der Bauch- (links) und der Hüftbeugemuskulatur (rechts).

Methoden

Die Messungen der isometrischen Maximalkraft der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur wurde auf einem speziellen Kraftmessstuhl durchgeführt. Die Probanden sitzen bei der Messung aufrecht auf dem Stuhl (Abb. 1). Bei der Messung der Kraft der Bauchmuskulatur wird der Kraftaufnehmer in der Höhe des Sternums angebracht. Die Probanden sollen versuchen, mit maximaler Kraft mit dem Brustkorb gegen das Polster des Kraftaufnehmers zu drücken. Bei der Messung der Kraft der Hüftbeugemuskulatur wird der Kraftaufnehmer unmittelbar hinter der Kniekehle auf dem Oberschenkel angebracht. Die Probanden halten sich mit den Händen hinter dem Kopf am Stuhl fest. Sie sollen versuchen mit maximaler Kraft die Oberschenkel nach oben gegen das Polster des Kraftaufnehmers zu drücken. Es wurden jeweils mehrere Messungen durchgeführt, von denen der beste Messwert für die Auswertung herangezogen wurde.

Die Kräfte wurden erfasst mit einer Kraftmessdose, Typ 0161 5 kN, und dem Handanzeigergerät Digimax der Firma mechaTronic GmbH (Hamm). Die Test-Retest-Reliabilitäten der Messungen sind ausgezeichnet ($r = .91$).

Bei der Messung der Beweglichkeit liegt der Proband mit dem Rumpf bis etwa in Höhe der Sitzbeinhöcker auf einer Liege, so dass beide Beine frei nach unten hängen können. Das rechte Bein wird im Hüftgelenk maximal gebeugt und in dieser Stellung über Gurte fixiert. Das linke Bein wird mit einer Orthese im Kniegelenk gestreckt (Abb. 2).

Die Dehnung erfolgt zum einen durch die Gewichtskraft des im Kniegelenk gestreckten Beines und zum anderen indem das Bein vom Versuchsleiter über einen Seilzug nach unten gezogen wird. Die Dehnungskraft wurde mit einem Dehnungsmessstreifen, Typ LMZ 500 N, der Fa. Biovision (Wertheim) erfasst. Der Winkel des gedehnten Beines gegenüber der Waagerechten wurde dynamisch mit einem Beschleunigungsaufnehmer der Fa. Biovision (Wertheim) und

der Winkel des in der Hüfte gebeugten Beines statisch mit einem mechanischen Goniometer mit einer Messgenauigkeit von 1° gemessen. Die Dehnungskraft und die Daten der dynamischen Winkelmessung wurden mit der Mess- und Auswertesoftware Z2 der Fa. Biovision (Wertheim) mit einer Frequenz von 100 Hz erfasst. Die Daten wurden grafisch aufbereitet und die interessierenden Daten aus den geglätteten Kurven abgelesen (Abb. 3). Der Winkel zwischen dem gebeugtem und dem gestreckten Bein stellt den Hüftextensionswinkel dar.

Die Reliabilität des Verfahrens wurde über die Test-Retest-Reliabilitäten abgesichert. Für die Hüftextension durch die Beingewichtskraft ($r = .83$), die maximale Hüftextension ($r = .86$) und die maximal tolerierte Dehnungskraft ($r = .89$) sind die Reliabilitäten sehr gut. Für den Winkel des in der Beugung fixierten Beines konnte eine ausgezeichnete Test-Retest-Reliabilität von $r = .96$ ermittelt werden.

Sowohl bei der Bestimmung der Maximalkraft als auch bei der Bestimmung der Hüftflexionswerte handelt es sich um semiobjektive Messverfahren, d. h. die Höhe der Messwerte ist von der Motivation der Probanden abhängig. Wünschenswert wäre ein von der Motivation unabhängiges physiologisches Kriterium.

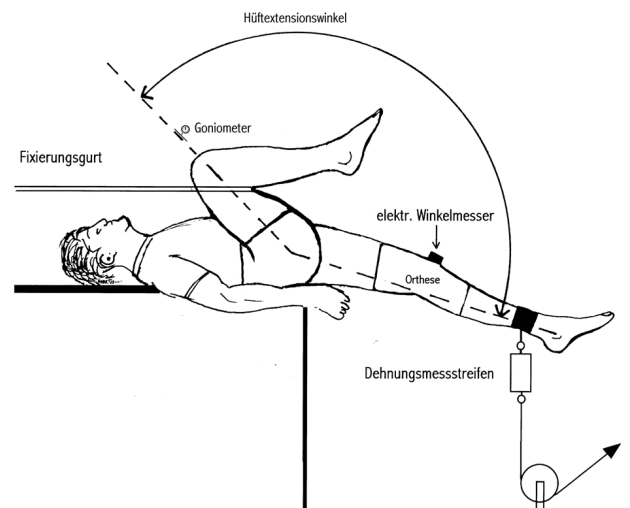


Abbildung 2: Bestimmung der Dehnfähigkeit der Hüftbeugemuskulatur

Untersuchungsablauf

Die Mitglieder der Experimentalgruppe absolvierten über einen Zeitraum von 6 Wochen wöchentlich 3-mal ein gezieltes Krafttraining der Bauchmuskulatur. Als Übung wurden vollständige Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett mit gestreckten Beinen und hinter dem Kopf verschränkten Händen durchgeführt. Die Intensität der Rumpfaufrichtungen wurde über die Winkelstellung des Brettes so festgelegt, dass in einer Serie zwischen 10 und 15 Wiederholungen realisiert werden konnten. Pro Trainingseinheit wurden anfangs 3 und später bis zu 5 Serien absolviert. Die Mitglieder der Kontrollgruppe führten kein spezielles Training durch.

Die Untersuchung erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt 9 Wochen. In der ersten Woche erfolgte eine

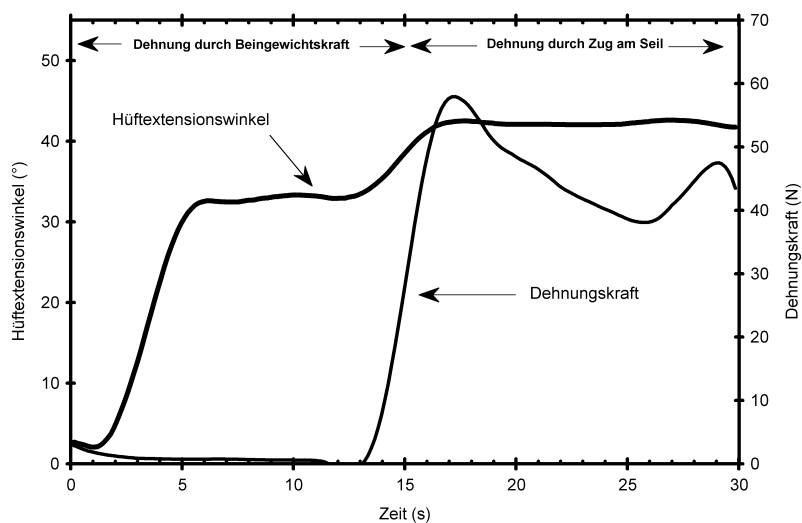


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung des Verlaufs des Hüftextensionswinkels und der Dehnungskraft während der Messung.

Einführung in die Versuchsdurchführung mit der Gewöhnung an die Apparatur, in der zweiten Woche der Vortest und die randomisierte Zuweisung der Versuchspersonen zu Versuchs- und Kontrollgruppe. Es folgten das Experiment in der dritten bis achten Woche und der Nachtest in der neunten Woche.

Statistische Verfahren

Die ermittelten Daten wurden mit dem Statistikprogramm Statistica 5.5 A der Firma StatSoft, Tulsa, OK, aufbereitet. Berechnet wurden die arithmetischen Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten (r). Die Daten wurden mit dem Shapiro-Wilks-Test auf Normalverteilung und Levene-Test auf Varianzhomogenität überprüft. Die inferenzstatistische Überprüfung erfolgte varianzanalytisch. Das Signifikanzniveau Alpha wurde auf 5 % festgelegt. Des weiteren wurde die Effektstärke bzw. korrigierte Effektstärke für den t-Test für gepaarte Stichproben gerechnet.

Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Messungen zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der erhobenen Variablen in Versuchs- (VG) und Kontrollgruppen (KG). Angabe des Signifikanzniveau p für den t-Test für gepaarte Stichproben, der Effektstärke d zwischen Vor- und Nachtest und korrigierten Effektstärke d_{korr} für den Effekt der Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe

		Vortest		Nachtest		p	d	d_{korr}
		M	SD	M	SD			
Maximale Bauchmuskulatur (daN)	VG	107,1	40,1	129,4	43,4	<0,001	0,53	.38
	KG	118,1	35,0	125,9	33,2	<0,05	0,23	
Maximalkraft Hüftbeugemuskulatur (daN)	VG	135,3	52,3	169,2	41,2	<0,001	0,72	.34
	KG	153,0	55,9	168,6	50,7	<0,05	0,29	
Hüftextension durch Beingewichtskraft (°)	VG	99,9	21,1	85,0	10,7	<0,001	-0,89	-0,09
	KG	102,3	20,9	87,1	9,6	<0,001	-0,93	
Maximale Hüftextension (°)	VG	114,2	15,2	112,1	11,3	n.s.	-0,157	-.28
	KG	116,7	16,4	117,2	11,8	n.s.	0,035	
Maximal tolerierte Dehnungskraft (daN)	VG	126,0	62,7	188,3	100,5	<0,001	0,74	-.11
	KG	128,4	52,6	204,2	110,0	<0,001	0,88	

Die Kraft der Bauchmuskulatur verbessert sich signifikant in der Versuchsgruppe um 20,3 % (Kontrolle 6,6 %) und die der Hüftbeugemuskulatur um 25,1 % (Kontrolle 10,2 %). Varianzanalytisch bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Es gibt hochsignifikante Unterschiede (F 1, 50 = 67,6) zwischen Vor- und Nachtest, d. h. es kam gemittelt über die Gruppenzugehörigkeit und die Muskelgruppe zu einem Zuwachs der Maximalkraft. Die Unterschiede zwischen den Muskelgruppen sind hochsignifikant (F 1, 50 = 40,9), d. h. die Kraftwerte der Hüftbeugemuskulatur liegen höher als die der Bauchmuskulatur. Es besteht eine hochsignifikante Interaktion (F 1, 50 = 11,5) zwischen der Gruppenzugehörigkeit und dem Testzeitpunkt, d. h. die Kraftwerte der Versuchsgruppe verbessern sich signifikant stärker als die der Kontrollgruppe. Es las-

sen sich keine signifikanten Interaktionen zwischen Testzeitpunkt und Muskelgruppe nachweisen, d. h. die Kraftwerte von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur verbessern sich zwischen Vor- und Nachtest im gleichem Maße. Es existieren keine signifikante Interaktion zwischen Gruppenzugehörigkeit, Testzeitpunkt und Muskelgruppe, d. h. die Kraftwerte von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur verbessern sich in Versuchs- und Kontrollgruppe zwischen Vor- und Nachtest im gleichen Maße.

Die Hüftextension durch das Eigengewicht des Beines verschlechtert sich signifikant in der Versuchsgruppe um 14,9 % bzw. 14,8 % in der Kontrollgruppe. Varianzanalytisch bestanden keine Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, eine hochsignifikante Verschlechterung zwischen Vor- und Nachtest (F 1,50 = 31,9) und keine signifikanten Interaktionen zwischen der Gruppenzugehörigkeit und dem Testzeitpunkt.

Hinsichtlich der maximalen Hüftextension ergaben sich keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bzw. den Testzeitpunkten. Ebenso wenig konnten Interaktionen nachgewiesen werden. Es kommt zu keiner Veränderung der maximalen Hüftextension.

Die maximal tolerierte Dehnungskraft erhöht sich signifikant um 59,0 % in der Versuchsgruppe und 49,4 % in der

Kontrollgruppe. Varianzanalytisch bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Es kommt zu einer hochsignifikanten Zunahme (F 1, 50 = 39,9) der maximal tolerierten Dehnungskraft. Es bestehen keine signifikanten Interaktionen zwischen den Hauptfaktoren.

Diskussion

Die vorliegende experimentelle Studie sollte die in der Funktionsgymnastik vertretene Meinung, wonach die klassischen Baumuskelübungen, wie z. B. Sit-Ups, Beinhebungen, Klappmesser und Rumpfaufrichten am Schrägbrett, unfunktionell seien, kritisch hinterfragen. Ausgangspunkt war die Feststellung, dass für die Theoreme der Funktionsgymnastik keine bzw. nur schwache empirische Befunde vorliegen. Den oben genannten Bauchmuskelübungen wird unterstellt, dass sie einseitig nur die Hüftbeugemuskulatur kräftigten und darüber hinaus die Hüftbeuger verkürzten.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie widerlegen diese Behauptungen. Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett stellen eine sehr effektive Kräftigungsübung für die Bauchmuskulatur dar. Die Hüftbeugemuskulatur wird zwar auch stärker. Die Verbesserung der Kraftwerte liegt aber in der gleichen Größenordnung wie bei der Bauchmuskulatur. Die Entstehung einer Dysbalance im Sinne einer einseitigen Kräftigung der Hüftbeuger kann somit auch als widerlegt angesehen werden.

Während des Experiments kommt es sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe zu einer gleichgroßen Verringerung der Hüftextension durch die Beingewichtskraft. Die absolute maximale Hüftextension verändert sich zwischen Vor- und Nachtest nicht. Aber diese wird nur über die Tolerierung einer höheren Dehnungskraft gewährleistet. Da nicht auszuschließen ist, dass bei der maximalen Dehnung auch das Lig. iliofemorale mitbeteiligt ist, erscheint es einfacher, den Focus auf die Dehnung durch die Beingewichtskraft zu richten.

Für die Verringerung der Hüftextension durch die Beingewichtskraft können zwei Mechanismen diskutiert werden. Sie könnte Ausdruck einer echten morphologischen Muskelverkürzung sein (13). Dann wäre die im Nachtest erreichte konstante maximale Hüftextension als Ausdruck einer vergrößerten relativen Bewegungsreichweite zu interpretieren, die mit einer erhöhten Schmerztoleranz (26) erklärbar wäre.

Sie könnte die Folge einer Muskelhypertrophie sein. Über eine Vermehrung der parallel geschalteten serienelastischen Strukturen, wie dem Titin, kommt es einer Vergrößerung der Ruhespannung des Muskels (13). Im Widerspruch hierzu steht der signifikante negative Zusammenhang ($r = -.33$) zwischen der Verbesserung der Kraft und der Verringerung der Hüftextension bei Dehnung durch die Beingewichtskraft. Je größer der Kraftzuwachs war, um so geringer war die Verschlechterung der Hüftextension bei Dehnung durch die Beingewichtskraft. Die Frage, welcher Mechanismus letztendlich für die beobachteten Veränderungen verantwortlich ist, könnte nur über eine methodisch aufwendige Analyse der Kraft-Hüftwinkel-Kurven geklärt werden (13, 26).

Als Ursache für die in Versuchs- und Kontrollgruppe beobachtete Verbesserung der Kraftwerte und die gleichzeitige Verschlechterung der Hüftextension müssen die vielfältigen Trainingseinflüsse, denen Sportstudenten während des Stu-

dium ausgesetzt sind, angesehen werden. Insbesondere das Gerätturnen, das viele der Studierenden in dem betreffenden Semester absolvieren mussten, könnte eine Hypertrophie der Rumpfbeuger ausgelöst haben.

Viele sportwissenschaftliche Untersuchungen werden mit Sportstudierenden als Versuchspersonen durchgeführt (26, 30). Offensichtlich wurde in der Vergangenheit der Einfluss dieser Trainingsbelastungen auf die unabhängigen Variablen bei mehrwöchigen Trainingsexperimenten unterschätzt. Die Ergebnisse machen auch deutlich, wie wichtig die Berücksichtigung einer Kontrollgruppe ist.

Es kommt zwar auch in der Kontrollgruppe zu einer Verbesserung der Kraftwerte von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur. Die Zuwachsraten in der Versuchsgruppe sind jedoch signifikant höher als die der Kontrollgruppe und die korrigierten Effektstärken für die Veränderungen der Kraftwerte erreichen mittlere Werte, so dass von einem genügend großen Effekt in der Experimentalgruppe ausgegangen werden kann. Wünschenswert wäre aber trotzdem die Wiederholung der Studie mit anderen Probanden, die während der Untersuchung ihre sportliche Aktivität nicht grundlegend verändern. Des Weiteren sollte auch ein längerer Zeitraum in den Blick genommen werden.

Zusammenfassend ist trotz der aufgezeigten Schwächen der Studie davon auszugehen, dass Sit-Ups am Schrägbrett eine sehr effektive Übung zur Verbesserung der Kraft der Bauchmuskulatur darstellen ohne die Hüftbeuger zu verkürzen.

Ein Training der Hüftbeugemuskulatur ist im Rahmen eines ganzheitlichen Krafttrainings genauso wichtig wie ein Training der Bauchmuskulatur. Die einseitige Kräftigung der Bauchmuskulatur bei gleichzeitiger Nichtkräftigung der Hüftbeuger macht trainingsmethodisch insbesondere im Sport keinen Sinn. Hier müssen biomechanische Muskelketten trainiert werden (18, 27, 31). Im Gegenteil: Durch das einseitige Training können unter Umständen muskuläre Dysbalancen mit noch nicht bekannten Wirkmechanismen antrainiert werden.

Selbst in der Rehabilitation ist seit einiger Zeit ein Umdenken zu beobachten. So wird im Konzept des mehrgelenkigen Trainings die Auffassung vertreten, dass eingelenkige Bewegungen vollkommen unfunktionell seien (21). Eingelenkige Bewegungen versagen als Trainingsübungen, weil hierbei andere motorische Ausgangsbedingungen herrschen als bei mehrgelenkigen Bewegungen. Aus dem Leistungssport ist seit langem bekannt, dass ein Krafttraining mit Trainingsformen, die den koordinativen Aspekten der Wettkampfform nicht entsprechen, zu keiner effektiven Leistungsverbesserung führt (24). Es stellt sich das zentrale Problem des Transfers. Die meisten Transferverluste entstehen wegen Nichtbeachtung der koordinativen Auswirkungen einer konkreten Trainingsform auf die Zielbewegung.

Vor diesem Hintergrund kann die Übung Rumpfaufrichten am Schrägbrett als hochfunktionelle Übung zur Kräftigung der Bauchmuskulatur bezeichnet werden, wenn sie von einem rückengesunden Menschen mit der entsprechenden körperlichen Leistungsfähigkeit durchgeführt wird (21, 31).

Literatur

1. *Andersson E, Nilsson J, Ma Z, Thorstensson A*: Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *Eur J App Phys* 75 (1997) 115-123.
2. *Axler CT, McGill SM*: Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 804 - 811.
3. *Basmajian JV*: Electromyography of iliopsoas. *Anat Rec* 132 (1959) 127-132.
4. *De Lacerda F*: Anatomical analysis of basic abdominal exercises. *J Phys Educ* 75 (1978) 114 - 115.
5. *Fach HH*: Trainingsbuch Bauchmuskulatur. Rowohlt, Reinbek, 1998.
6. *Flint MM*: Abdominal muscle involvement during the performance of various forms of sit-up exercises. *Am J Phys Med* 44 (1965) 224-233.
7. *Freiwald J, Engelhardt M, Reuter I*: Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport – Ursachen, Einordnung und Behandlung, in: Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J (Hrsg.): Neuromuskuläre Dysbalancen. Novartis Pharma, Wehr, 1997, 165-193.
8. *Janda V*: Muskelfunktionsdiagnostik. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1986.
9. *Juker D, McGill S, Kropf P, Steffen T*: Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998) 301-310.
10. *Kelley DL*: Exercises prescription and the kinesiological imperative. *J Phys Education, Recreation and Dance* 53 (1982) 18-20.
11. *Kendall FP*: A criticism of current tests and exercises for physical fitness. *Phys Therapy* 45 (1965) 187-197.
12. *Klee A*: Haltung, muskuläre Balance und Training. Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 1995.
13. *Klee A*: Die Ruhespannungs-Dehnungskurve - ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments. Habilitationsschrift. Universität Gesamthochschule Wuppertal, Wuppertal, 2001.
14. *Knebel KP*: Funktionsgymnastik. Rowohlt, Reinbek, 1985.
15. *Konrad P, Denner A, Schmitz K, Starischka S*: EMG-Befunde zur Haltekoordinierung und zu ausgewählten Kräftigungsübungen der Rumpfmuskulatur. *Orthopädische Praxis* 35 (1999) 698-708.
16. *Kunz H, Unold E*: Muskeleinsatz beim Krafttraining. Trainingsübungen unter der Lupe. Trainer Information Bd. 21. Eidgenössischen Turn- und Sportschule, Magglingen, 1998.
17. *LaBan MM, Raptou AD, Johnson EW*: Electromyographic study of function of iliopsoas muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 46 (1965) 676-679.
18. *Lombard WP*: The action of two-joint muscles. *Am Phys Educ Rev* 8 (1903) 141-145.
19. *Mutoh Y, Mori T, Nakamura Y, Miyashita M*: The relation between sit-up exercises and the occurrence of low back pain, in Matsui H, Kobayashi K (Eds): International series on biomechanics, Biomechanics VIII A. University Park Press, Baltimore, 1983, 180-185.
20. *Nachemson A, Elfström G*: Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. *Scand J Rehabil Med Suppl* 1 (1970) 1-40.
21. *Narcessian RP*: Concepts in Multi-Joint Movement, in: Binkowski H, Hooster M, Nepper HU (Hrsg.): Medizinische Trainingstherapie. Sport Consult, Waldenburg, 1997, 28-42.
22. *Neumann G*: Zur Begriffsbestimmung muskulärer Dysbalancen, in Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J (Hrsg.): Neuromuskuläre Dysbalancen. Novartis Pharma, Wehr, 1997, 9-24.
23. *Ricci B, Marchetti M, Figura F*: Biomechanics of sit-up exercises. *Med Sci Sports Exerc* 13 (1981) 54-59.
24. *Schmidtbleicher D*: *Krafttraining und Techniktraining*, in Daugs R, Mechling H, Blischke, K, Olivier N (Hrsg.): Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. Hofmann, Schorndorf, 1991, 157-163.
25. *Schönthaler SR, Ohlendorf K, Ott H, Meyer T, Kindermann W, Schmidtbleicher D*: Biomechanische und neurophysiologische Parameter zur Erfassung der Dehnbarkeit von Muskel-Sehnen-Einheiten. *Dtsch Z Sportmed* 49 (1998) 223-230.
26. *Wiemann K*: Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. *Sportwissenschaft* 21 (1991) 295-305.
27. *Wiemann K*: Präzisierung des LOMBARDschen Paradoxons in der Funktion der ischioocruralen Muskeln beim Sprint. *Sportwissenschaft* 21 (1991) 413-428.
28. *Wilke HJ, Noel P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE*: New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 24 (1999) 755-762.
29. *Wydra G*: Ein neuer Test zur Beurteilung der Kraft der Bauchmuskulatur. *Krankengymnastik* 47 (1995) 937-946.
30. *Wydra G*: Stretching – ein Überblick über den Stand der Forschung. *Sportwissenschaft* 27 (1997) 409-427.
31. *Wydra G*: Zur Funktionalität der Funktionsgymnastik. Überlegungen zum Umdenken in der Funktionsgymnastik. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 16 (2000) 128-133.

Korrespondenzadresse:
Univ.-Prof. Dr. Georg Wydra
Arbeitsbereich Sportpädagogik,
Sportwissenschaftliches Institut
der Universität des Saarlandes
Postfach 15 11 50, D-66041 Saarbrücken
E-Mail: g.wydra@mx.uni-saarland.de