

Aus der Bosenberg-Klinik St. Wendel (Chefarzt Dr. med. P.-B. Wenzkat)

Ein neuer Test zur Beurteilung der Kraft der Bauchmuskulatur

G. Wydra

Zusammenfassung

Die Erfassung von Schwächen der Bauchmuskulatur ist von erheblicher Relevanz sowohl für die Therapie als auch für die Prävention. Obwohl die traditionellen Bauchmuskelübungen seit Jahrzehnten kritisiert werden, liegen keine Testalternativen vor, die den teststatistischen Gütekriterien genügen. Es wurde deshalb der Versuch unternommen, einen neuen Test zur quantitativen Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur zu konstruieren und zu evaluieren. Die einzelnen Schritte der Testkonstruktion werden vorgestellt und diskutiert. Hierbei zeigt sich, daß die an den traditionellen sportmotorischen Bauchmuskeltests geübte Kritik zum Teil überprüft werden muß.

Schlüsselwörter: Bauchmuskulatur – quantitative Erfassung – Testkonstruktion – sportmotorischer Bauchmuskeltest

Summary

Ascertaining abdominal muscle weaknesses is particularly relevant for both therapy and prevention. Although the traditional abdominal muscle exercises have been criticized for decades, there is no other test alternative which would satisfy the quality standards required by statistics. Therefore, it was endeavoured to construct and evaluate a new test for the quantitative assessment of abdominal muscle strength. The different steps leading to its con-

struction are presented and discussed. From this appears that the unfavourable judgements passed on traditional abdominal muscle tests which appraise motor activity in athletes, must be partly revised.

Keywords: abdominal muscle strength – quantitative assessment – test construction – abdominal muscle test appraising motor activity in athletes

Résumé

L'enregistrement des faiblesses de la musculature abdominale est d'une importance considérable tant sur le plan thérapeutique que préventif. S'il est vrai que, depuis des décennies, les exercices traditionnels au niveau de la musculature abdominale font l'objet de critiques, on ne dispose actuellement d'aucun autre test répondant aux critères de qualité exigés par la statistique. C'est pour quoi nous avons entrepris de développer et d'évaluer un nouveau test pour l'enregistrement quantitatif de la force musculaire abdominale. Les différentes phases de l'élaboration du test sont présentées et discutées. Il en ressort que les critiques qui ont été formulées à l'égard des tests traditionnels mesurant l'activité musculaire abdominale chez des sportifs, doivent être partiellement révisées.

Mots-clé: force musculaire abdominale – enregistrement quantitatif – élaboration du test – test mesurant l'activité musculaire abdominale chez les sportifs

1 Einleitung und Problemstellung

Die Kraft der Bauchmuskulatur hat eine große Bedeutung für die Stabilisierung des Becken-Lendenwirbelsäulen-Bereiches. Aufgrund des fortschreitenden Bewegungsmangels, aber auch aufgrund der natürlichen Tendenz der phasischen Muskelgruppen zu einer Tonusminderung (vgl. Janda 1986) sind in der bewegungstherapeutischen Praxis oftmals Schwächen der Bauchmuskulatur zu diagnostizieren. Dies gilt für alle Altersstufen und Leistungsbereiche. In einer eigenen Untersuchung (vgl. Bös/Wydra/Karisch 1992) konnte mit dem modifizierten Muskelfunktionstest nach Janda (1986) bei 71% der weiblichen und 52% der männlichen Gesundheitssportler eine Schwäche der Bauchmuskulatur festgestellt werden.

Für die Überprüfung der Kraft der Bauchmuskulatur steht eine Reihe von Testverfahren zur Verfügung, die sich in der praktischen Arbeit bei bestimmten Zielgruppen jeweils bewährt haben. Um therapierelevante Schwächen der Bauchmuskulatur aufzudecken, reichen die krankengymnastischen Funktionstests aus (vgl. Daniels/Worthingham 1974). Um die Ausprägung der Kraftfähigkeiten von leistungsfähigeren Menschen bzw. um den Erfolg von Therapie- und Trainingsmaßnahmen erfassen zu können, sind Testverfahren, die eine Quantifizierung des Testergebnisses zulassen, unabdingbar. Apporative Testverfahren, die eine exakte quantitative Erfassung der Kraftfähigkeiten gestatten (vgl. Graves et al. 1990), stehen dem Praktiker in der Regel nicht zur Verfügung. Hingegen werden in der Praxis des leistungsorientierten Sports und des Gesundheitssports seit Jahrzehnten Sit-ups und Beinhebungen zur Prüfung der Kraft der vorderen Rumpfmuskulatur angewandt (vgl. Bös 1987). Gerade diese beiden Testübungen werden aus einer funktionellen Perspektive kritisch betrachtet.

Schon 1965 hat Kendall die wesentlichsten Kritikpunkte an den Sit-ups als Testübung herausgearbeitet. Die Kritik richtet sich zum einen gegen den Versuch, über eine relativ komplexe Übung Aussagen über die Kraft der Bauchmuskulatur ma-

chen zu wollen, ohne dabei den Einfluß anderer Muskelgruppen – wie z. B. der Hüftbeuger – zu eliminieren. Dies gilt insbesondere für eine Übungsausführung mit fixierten Füßen.

»The sit-up purports to measure strength of abdominal muscles, but in the manner done, weakness of these muscles can go undetected. Hence it is not a valid test« (Kendall 1965, 189).

Eine Kritik gegen die Anwendung von Sit-ups richtet sich gegen die mutmaßlich pathogenetische Wirkung im Lendenwirbelsäulenbereich. Hierbei werden zwei unterschiedliche Mechanismen als pathogenetisch erachtet. Zum ersten wird angenommen, daß durch die Sit-ups über eine Kräftigung der Hüftbeuger eine Hyperlordosierung der Lendenwirbelsäule und damit eine erhöhte Belastung der Wirbelgelenke erfolgt. Zum zweiten wird angenommen, daß es durch die Kyphosierung der Lendenwirbelsäule beim Aufrichten aus der Rückenlage zu einer erhöhten Bandscheibenbelastung kommt, wodurch die Degeneration des Bandscheibenmaterials gefördert wird.

Mutoh et al. (1983) stellten fest, daß eine Vielzahl ihrer Patienten, die Sit-ups mit gestreckten Knien und fixierten Füßen als Trainingsübung durchführten, über eine Zunahme von Kreuzschmerzen klagten. Bei den beschriebenen Patienten handelt es sich um 21 männliche und acht weibliche Patienten. Um die Beziehung zwischen dem Auftreten von Rückenschmerzen und der Beanspruchung bei den Sit-ups zu beleuchten, führten sie biomechanische Studien mit sechs gesunden Männern durch. Es wurde die EMG-Aktivität der Bauch- und vorderen Oberschenkelmuskulatur bei Sit-ups mit gebeugten bzw. gestreckten Knien und mit fixierten bzw. nicht-fixierten Füßen analysiert. Es zeigten sich hierbei ähnliche EMG-Aktivitäten mit tendenziell höheren EMG-Aktivitäten der vorderen Oberschenkelmuskulatur bei den Sit-ups mit gestreckten Knien und fixierten Füßen. Aus dieser Beobachtung wird gefolgert, daß die üblicherweise von den Patienten praktizierten Sit-ups die Ursache für die

Bewegungsform	Prozentuale Mehrbelastung gegenüber Stand	Minimum – Maximum
Sit-ups mit gebeugten Knien (n = 6)	109	71–157
Sit-ups mit gestreckten Knien (n = 6)	105	65–157
Isometrische Bauchmuskelanspannung (n = 6)	39	23– 79
Beinhebungen (n = 6)	54	27– 78
Aktive Hyperextension aus der Bauchlage (n = 4)	80	57–129
Hüpfen auf der Stelle (n = 9)	42	19– 67
Marschieren (n = 4)	15	14– 15
Lachen (n = 3)	50	37– 58
Rumpfvorbeuge 30° mit 10 kg in jeder Hand (n = 6)	190	134–253

Tab. 1: Beanspruchungsgrößen der Wirbelsäule. Angaben von Nachemson/Elfström (1970, 243 ff.)

Rückenbeschwerden darstellen. Es wird angenommen, daß über die Beanspruchung der Hüftbeugemuskulatur eine Verstärkung der Lordose im Lendenwirbelsäulenbereich verursacht wird, die ihrerseits die Beschwerden hervorrufen soll.

Um die Beanspruchung der Bandscheibe bei bestimmten Belastungen zu ermitteln, gibt es die Möglichkeit, die Kräfte über biomechanische Modelle zu berechnen, wobei die Länge der Last- und Kraftarme sowie die einwirkenden Massen bekannt sein müssen.

Nachemson/Elfström (1970) kommt das Verdienst zu, als erste am lebenden Menschen intradiskale Druckmessungen vorgenommen zu haben. Neben Untersuchungen zur Druckbeanspruchung der Bandscheibe L3/L4 im Liegen, Stehen, Sitzen, Bücken etc. wurden auch Untersuchungen bei verschiedenen Formen des Rumpfaufrichtens vorgenommen. Nachemson (1976, 347) betont, daß bei der Betrachtung der Ergebnisse »more attention should be paid to the relation between different movements than to the absolut values«. Außerdem sollte beachtet werden, daß die gewonnenen Ergebnisse auf zum Teil sehr geringen Stichprobengrößen beruhen und daß die interindividuel-

len Unterschiede insbesondere bei dynamischen Belastungen sehr groß sind.

Die im Stehen beobachteten intradiskalen Druckbelastungen liegen zwischen 5,6 und 9,7 kg/cm². Wie die Zahlenvergleiche zeigen, kommt es zwar zu einer erhöhten Beanspruchung der Bandscheibe, die Größenordnung der registrierten Werte erlaubt es jedoch nicht, ohne weiteres von einer Überbeanspruchung zu sprechen. Neben den absoluten Kraftwerten sind außerdem die einwirkenden Zeiten von Bedeutung, wobei davon ausgegangen werden kann, daß kurzfristige Belastungsspitzen besser toleriert werden als langanhaltende Dauerbelastungen. In den verschiedenen Bereichen der Bandscheibe selbst kommt es zu unterschiedlich hohen Beanspruchungen.

Die vertikale Beanspruchung des *Anulus fibrosus* liegt bei etwa 50% der einwirkenden Gesamtkraft, während die tangentielle Beanspruchung dieser Struktur das Vier- bis Fünffache der Gesamtkraft beträgt (Nachemson 1976).

Aus der vorgetragenen Kritik an den klassischen Sit-ups läßt sich eine Reihe von Forderungen an eine alternative Testübung formulieren (vgl. Kendall 1965; Mutoh et al. 1983):

- Keine Fixierung der Beine sowie Beugung der Hüfte, um den Ein-

fluß der Hüftbeugemuskulatur zu reduzieren.

- Kein vollständiges Aufrichten, um die LWS-Beanspruchung zu reduzieren und um nur die Bauchmuskulatur zu erfassen.

Es wurden in der Vergangenheit bereits von verschiedenen Autoren Anstrengungen unternommen, Alternativen zu den Sit-ups zu entwickeln. Insbesondere von Praktikern werden immer wieder Vorschläge zur Optimierung von Bauchmuskeltübungen gemacht, ohne daß eine Überprüfung der teststatistischen Gütekriterien durchgeführt wurde. Vincent/Britten (1980) stellten eine Curl-up-Variante vor, die die beiden obigen Forderungen erfüllt. Sie versuchten die statische Ausdauer der Bauchmuskulatur zu erfassen, indem Nacken und Brustkorb um einen definierten Betrag angehoben und gehalten wurden. Es wurden jedoch nur unbefriedigende Reliabilitäts- und Validitätskoeffizienten erzielt. Robertson/Magnusdottir (1987) entwickelten eine dynamische Variante zur Erfassung der Kraftausdauer der Bauchmuskulatur. Bei der Übung sind die Beine angewinkelt, und die gestreckten Arme werden in 60 Sekunden so oft wie möglich bis zu den Knien geführt. Die Autoren machen jedoch keine Angaben zu den Gütekriterien des Tests.

2 Testentwicklung

Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur, der nicht die bekannten Nachteile

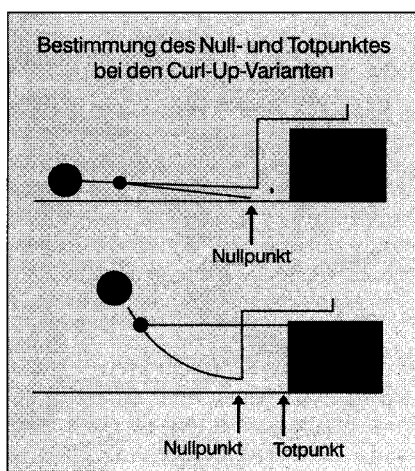


Abb. 1

le der klassischen Sit-ups beinhaltet. Als Zielgruppe der Testentwicklung wurde der Bereich des Gesundheitssports und der Sporttherapie ausgewählt. Es handelt sich hierbei um einen Übergangsbereich zwischen vorwiegend krankengymnastischer Therapie und dem aktiven Sporttreiben. Der Test sollte eine Quantifizierung des Testergebnisses ermöglichen, um zum einen einen Vergleich mit Normwerten zu ermöglichen und zum anderen Aussagen über die Effektivität von Therapie- und Trainingsprogrammen machen zu können.

2.1 Vorüberlegungen

Die meisten der vorliegenden Testempfehlungen gehen davon aus, den Oberkörper aus der Rückenlage nur um einen bestimmten Betrag aufzurichten (vgl. Vincent/Britten 1980). Als Maße werden meist anatomische Orientierungswerte (z. B. »Schulterblatt berührt nicht mehr den Boden«) angegeben. Hierzu ist festzuhalten, daß dem Autor bisher kein entsprechendes objektives und reliables Testverfahren bekannt ist. Des weiteren muß beachtet werden, daß die Orientierung an festen anatomischen Orientierungswerten zu einer Vernachlässigung anderer leistungsdeterminierender Faktoren, wie z. B. Masse und Massenverteilung des Oberkörpers, Beweglichkeit im Lendenwirbelsäulen- und Schulterbereich, führt. In einer eigenen unveröffentlichten Untersuchung wurde die relative Maximalkraft der vorderen Rumpfmuskulatur in Beziehung gesetzt zum Ergebnis bei verschiedenen Formen des Rumpfaufrichtens mit und ohne Fixierung der Beine sowie mit und ohne Halten der Hände im Nacken. Es zeigte sich, daß lediglich bei den Frauen die Übung Rumpfaufrichten ohne Fixierung der Beine und ohne Handhaltung im Nacken zu einer Differenzierung hinsichtlich der relativen Maximalkraft führte ($t = 2,5$; $p = 0,24$). Bei den Männern kommt der Oberkörpermasse in Relation zur Masse der Beine eine größere Bedeutung zu (vgl. Kendall 1965; Ricci/Marchetti/Figura 1981). Insbesondere Männer mit einer großen Oberkörpermasse können sich trotz gut entwickelter Bauchmuskulatur nicht aufrichten.

Hinzu kommt, daß bei einer Verlagerung des Orientierungspunktes unterschiedlich viel Kraft aufgebracht werden muß. Geringere Hubhöhen des Oberkörpers führen zu einer geringeren Beanspruchung der Bauchmuskulatur und somit zu längeren Haltezeiten oder höheren Wiederholungszahlen (vgl. Ricci/Marchetti/Figura 1981). Günstiger als die Orientierung an allgemein definierten anatomischen Kriterien erscheint deshalb eine Orientierung an muskelphysiologischen Kriterien. Beim Aufrichten aus der Rückenlage kommt es zunächst zu einer Zunahme der Belastung der Bauchmuskulatur aufgrund der zunehmenden abgehobenen Masse des Oberkörpers. Ab einer individuell unterschiedlichen Hubhöhe kommt es dann zu einer Verringerung der Belastung aufgrund der sich optimierenden Hebelverhältnisse (vgl. Mutoh et al. 1983; Kunz/Unold 1988). Es läßt sich bei jeder Versuchsperson ein Bereich der Maximalbeanspruchung (sticking-point) bestimmen. Bei den klassischen Testübungen (Sit-ups) muß dieser individuelle *Totpunkt* immer überschritten werden, d. h. der Muskel wird bei jeder Wiederholung relativ zu den äußeren Vorgaben maximal beansprucht. Die Orientierung am individuellen Totpunkt erscheint ein geeignetes Kriterium zur Bestimmung der Hubhöhe bei Bauchmuskeltest- und -trainingsübungen. O'Shea/O'Shea (1969) haben die Orientierung am sticking-point beim Krafttraining in die Diskussion gebracht, und Jackson et al. (1985) konnten signifikante Vorteile eines entsprechenden Krafttrainings gegenüber einem klassischen Krafttraining aufzeigen.

2.2 Testbeschreibung

Im folgenden sollen die neu entwickelten Testübungen beschrieben werden.

Bestimmung des Totpunktes

Ausgangsstellung (vergl. Abb. 1): Der Proband liegt auf dem Rücken. Die Unterschenkel liegen auf einem kleinen Turnkasten, so daß im Knie- und Hüftgelenk ein rechter Winkel entsteht. Die Arme liegen gestreckt neben dem Körper. Die Lage der Fingerspitzen wird markiert (= Nullpunkt).

Bestimmung des Totpunktes: Der Proband richtet sich langsam auf und streckt dabei die Arme so weit wie möglich nach vorne in Richtung oberer Kastenrand. Die Körperposition, die von der Versuchsperson als die anstrengendste bestimmt wird, wird als Totpunkt definiert. Gemessen und registriert wird der Abstand der Kastenunterkante bis zum Nullpunkt. Die Bestimmung des Totpunktes wird zweimal vorgenommen. Kommt es bei beiden Durchführungen zu Ergebnissen von mehr als zwei Zentimetern Unterschied, wird die Prozedur wiederholt (Abb. 1).

Ausführungsvarianten

Es wurden drei mögliche Ausführungsvarianten entwickelt, um zu einem quantitativen Ergebnis zu gelangen (vgl. Abb. 2):

- Zählen der maximalen Wiederholungszahl in einem definierten Zeitraum.
- Zählen der maximalen Wiederholungszahl bei einer vorgegebenen Bewegungsgeschwindigkeit.
- Messen der maximalen Haltezeit.

3 Ziele und Methoden der Testevaluation

Ziel der Testevaluation ist die Überprüfung der Testalternativen hinsichtlich der Testgütekriterien, d. h., ob die Testvorschläge den praktischen und theoretischen Anforderun-

gen, die man an einen Test stellt, genügen. Im allgemeinen werden hierbei folgende Gütekriterien beleuchtet (vgl. Bös 1987):

- **Objektivität:** Wie genau kann das Testergebnis von mehreren Beobachtern erfaßt werden?
- **Reliabilität:** Wie genau läßt sich das Testergebnis bei einer Testwiederholung reproduzieren? Dies hängt zum einen von der Objektivität ab, zum anderen von der Stabilität des zu testenden Merkmals.
- **Validität:** Mißt der Test tatsächlich das, was er zu testen vorgibt? Dies hängt zum einen von der Objektivität und Reliabilität ab, zum anderen von der Aufgabenstellung des Tests.
- **Praktikabilität:** Ist der Test in der Praxis durchführbar, und welche Schwierigkeiten treten dabei auf?
- **Ökonomie:** Mit wieviel Aufwand ist die Testdurchführung verbunden? Stehen Aufwand und Ergebnis in einer vernünftigen Relation zueinander?
- **Normierbarkeit:** Ist es möglich, Normwerttabellen zu erstellen, die einen Vergleich verschiedener Testleistungen bei verschiedenen Leistungsgruppen ermöglichen?

Während der Praktiker vorwiegend an der Praktikabilität, Ökonomie und Normierbarkeit eines Tests interessiert ist, konzentriert der Theo-

retiker seine Aufmerksamkeit auf die voneinander abhängigen Kriterien der Validität, Reliabilität und Objektivität. Die größte Bedeutung kommt der Validität zu, d. h., ob der Test das, was er zu messen vorgibt, auch tatsächlich mißt.

Methoden

Zur Beurteilung von Objektivität und Reliabilität wurden Testwiederholungen durchgeführt. Angestrebt werden Korrelationskoeffizienten zwischen Test und Retest von mindestens .70 (Bös 1987, 123).

Zur Bestimmung der Validität wurde eine Reihe von Außenkriterien herangezogen. Parallel zu den drei Testvarianten wurden folgende Tests durchgeführt:

- **Maximalkrafttest:** Auf dem von Bös/Mechling (1983) vorgestellten Kraftmeßstuhl wurde die isometrische Maximalkraft der vorderen Rumpfbeugemuskulatur bestimmt. Hierbei sitzt der Proband auf einem Stuhl und drückt mit dem Oberkörper gegen die Meßeinrichtung. Erfasst wird die resultierende Kraft in daN. Der Wert wird zur weiteren Berechnung auf das Körpergewicht relativiert.
- **Sit-ups:** Der Proband liegt auf dem Rücken. Die Beine sind im Kniegelenk 90° gebeugt. Die Füße sind an der Sprossenwand fixiert. Die Hände werden seitlich am Kopf gehalten. Der Proband soll sich so oft wie möglich in 30 Sekunden aus der Rückenlage so weit aufrichten, daß die Ellenbogen die Knie berühren (vgl. Bös/Wydra/Karisch 1992).
- **Beinhebungen:** Der Proband liegt auf dem Rücken auf einer Matte. Die Hände fassen die zweite Sprosse der Sprossenwand oder die Beine eines Testhelfers, der hinter der Versuchsperson steht. Der Proband soll in 30 Sekunden die Beine so oft wie möglich in die Senkrechte heben und wieder auf den Boden absenken. Das Gesäß bleibt dabei auf dem Boden (vgl. Bös/Wydra/Karisch 1992).

Probanden

Als Probanden fungierten Rehabilitanden, die im Rahmen einer stationären Heilbehandlung am Gesundheitssport teilnahmen. Für die Beantwortung der einzelnen Fragestel-

Abb. 2: Beschreibung der drei Testvarianten

Maximale Wiederholungszahl bei vorgegebener Taktfrequenz: Der Proband soll versuchen, sich bei einer vorgegebenen Taktfrequenz von 30 Wiederholungen pro Minute so oft wie möglich aus der Rückenlage bis zum Totpunkt aufzurichten. Im Totpunkt muß der Proband den oberen Rand des Kastens (Lederrand) berühren, beim Zurückgehen sind Kopf und Schultern abzulegen. Die Taktfrequenz wird mittels eines Metronoms vorgegeben. Gezählt werden die richtig durchgeführten Aufrichtungen. Vor der Testdurchführung sollte der Proband einige Probewiederholungen durchführen.

Maximale Wiederholungszahl in 30 Sekunden: Der Proband soll versuchen, sich innerhalb von 30 Sekunden so oft wie möglich aus der Rückenlage bis zum Totpunkt aufzurichten. Im Totpunkt muß der Proband den oberen Rand des Kastens (Lederrand) berühren, beim Zurückgehen sind die Schultern abzulegen. Gezählt werden die richtig durchgeführten Aufrichtungen. Vor der Testdurchführung sollte der Proband einige Probewiederholungen durchführen.

Maximale Haltezeit am Totpunkt: Der Proband soll versuchen, sich bis zum Totpunkt aufzurichten und diese Position möglichst lange zu halten. Im Totpunkt muß der Proband den oberen Rand des Kastens (Lederrand) berühren. Erfasst wird die Zeit bis zum Verlassen des Totpunktes. Vor der Testdurchführung sollte der Proband einige Probewiederholungen durchführen.

lungen mußten unterschiedliche Stichproben herangezogen werden. Für die Objektivitäts- und Reliabilitätsuntersuchungen standen insgesamt 90 Probanden (siehe Tab. 1), für die Validitätsuntersuchung 52 Probanden (siehe Tab. 2) zur Verfügung.

4 Ergebnisse der Testevaluation

Im folgenden sollen die Ergebnisse der Testevaluation vorgestellt werden, wobei vorwiegend eine tabellarische Darstellung erfolgt.

Objektivität/Reliabilität

Die Analyse der Test-Retest-Koeffizienten belegt sehr gute bzw. ausgezeichnete Reliabilitäten sowohl bei der Bestimmung des individuellen Totpunktes als auch bei den drei Curl-up-Varianten (Tab. 4 und 5).

Validität

Aussagen zur Validität der drei Curl-up-Varianten können aufgrund der Analyse der Korrelationskoeffizienten zwischen den Testergebnissen und bestimmten Außenkriterien gemacht werden. Keine korrelativen Beziehungen bestehen zwischen den Testergebnissen und den individuellen Totpunkten.

Zwischen den drei neuen Testvarianten konnten keine signifikanten Beziehungen nachgewiesen werden. Hingegen korrelieren die klassischen Testübungen und die relative Maximalkraft sowohl miteinander als auch mit den Curl-ups in 30 Sekunden (Tab. 7).

Auf der Basis der ermittelten Korrelationskoeffizienten der Gesamtstichprobe wurde eine Faktorenanalyse mit Varimaxrotation durchgeführt (Tab. 8 und 9). Das Ergebnis der Faktorenanalyse indiziert eine

Tab. 3: Angaben zur Zusammensetzung der Probanden-Stichprobe bei den Validitätsuntersuchungen

	Männer (n = 31)		Frauen (n = 21)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Alter (Jahre)	45,4	11,2	42,7	8,6
Größe (cm)	175,8	5,6	163,9	6,7
Gewicht (kg)	79,7	10,3	61,2	5,9

zweifaktorielle Lösung, wobei durch den ersten Faktor 79% und den zweiten Faktor 12% der Gesamtvarianz aufgeklärt werden. Die relative Maximalkraft der Bauchmuskulatur, die Beinhebungen, die Sit-ups und die Curl-ups in 30 Sekunden laden am höchsten auf dem ersten Faktor. Die Curl-ups mit Taktvorgabe laden am höchsten auf dem zweiten Faktor, während den gehaltenen Curl-ups eine Zwischenrolle zukommt.

Praktikabilität und Ökonomie

Neben den statistisch aufzubereitenden Gütekriterien müssen auch die Beobachtungen in der Praxis zur Beurteilung eines Tests hinzugezogen werden. Ein wesentlicher Faktor ist der der Ökonomie. Für die Instruktion und Durchführung der modifizierten Curl-ups ist von einem Zeitbedarf von mindestens zwei Minuten pro Versuchsperson auszugehen. Bei den gehaltenen Curl-ups und den Curl-ups mit Taktvorgabe sind im Einzelfall Übungszeiten von über drei Minuten Länge zu beobachten, woraus eine Gesamttestzeit von ca. fünf Minuten resultiert. Durch diese langen Übungszeiten ergeben sich bei den Versuchspersonen zum Teil Motivationsprobleme. Bei den Curl-ups mit Taktvorgabe traten bei ca. der Hälfte der Versuchspersonen Schwierigkeiten in der vorderen Halsmuskulatur (*Mm. scaleni* und *M. sternocleidomastoideus*) auf. Bei nahezu allen Probanden kam es am Tag nach der Testdurchführung zu einem starken Muskelkater in diesen Muskelgruppen.

5 Diskussion

Die vorliegende Studie stellt einen Versuch dar, einen neuen Test zur

quantitativen Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur zu entwickeln. Ausgangspunkt war die aus funktioneller Sicht geäußerte Kritik insbesondere an den Sit-ups. Grundüberlegung war die Orientierung am individuellen Totpunkt, d.h. dem Punkt beim normalen Rumpfaufrichten, an dem es zur ungünstigsten Kombination von Hebelverhältnissen und Muskellänge kommt. Am *Sticking-point* kommt es zu einer maximalen Beanspruchung der zu testenden Muskulatur in bezug zur geforderten Bewegung (O'Shea/O'Shea 1969). Der Totpunkt muß individuell bestimmt werden. Gewählt wurden drei verschiedene Ausführungsarten, um unterschiedliche Formen der Kraftentfaltung (dynamisch vs. statisch) und Kontraktionsgeschwindigkeiten (schnell vs. langsam) zu erfassen.

Die Bestimmung des Totpunktes erwies sich als objektiv und reliabel. Unterschiede zwischen den Geschlechtern, die durch eine bessere Beweglichkeit der Frauen und eine größere Oberkörpermasse bei den Männern hervorgerufen werden könnten, wurden nicht beobachtet. Zwischen dem individuellen Totpunkt und den Testergebnissen waren negative Korrelationen zu erwarten, d.h. aus geringeren Hubhöhen sollten bessere Testergebnisse resultieren (vgl. Ricci/Marchetti/Figura 1981). Die beobachteten Korrelationen waren positiv, jedoch nicht signifikant. Es ist deshalb davon auszugehen, daß die Bestimmung des individuellen Totpunktes hinreichend valide erfolgte. Die Haupteinflußvariablen auf die Ausprägung des Totpunktes bedürfen einer weiteren Klärung.

Die Gütekriterien der Objektivität und Reliabilität können für die drei Testvarianten als sehr gut bzw. ausgezeichnet angesehen werden (vgl. Bös 1987). Jedoch ergaben sich bei der praktischen Durchführung der verschiedenen Tests Schwierigkeiten. Die *Curl-ups mit Taktvorgabe* erwiesen sich für die Arbeit in der Praxis als untauglich. Nicht die Bauchmuskulatur, sondern die vordere Halsmuskulatur erwies sich als leistungsdeterminierend. Der zu beobachtende Muskelkater in der vorderen Halsmuskulatur weist auf die hohe muskuläre Beanspruchung hin.

Tab. 2: Angaben zur Zusammensetzung der Probanden-Stichprobe bei den Objektivitäts- und Reliabilitätsuntersuchungen

	Männer (n = 39)		Frauen (n = 51)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Alter (Jahre)	46,6	11,3	41,5	10,3
Größe (cm)	177,0	7,8	164,2	6,3
Gewicht (kg)	79,1	12,7	63,1	8,3

Tab. 4: Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Gesamtstreuung in cm sowie des Test-Retest-Koeffizienten bei der Bestimmung des Totpunktes

	Gesamtstichprobe	Männer (n = 39)	Frauen (n = 51)
$\bar{x} \pm s$ (1. Test)	11,0 ± 4,9	12,3 ± 4,4	10,1 ± 5,1
Minimum – Maximum (cm)	4–29	6–29	4–28
$\bar{x} \pm s$ (Retest)	10,4 ± 4,4	11,7 ± 4,3	9,4 ± 4,3
Minimum – Maximum (cm)	4–25	5–25	4–23
Test-Retest-Koeffizient (r)	.90	.91	.89

chung, insbesondere beim Ablegen des Kopfes – exzentrische Muskelarbeit (vgl. Grimby 1992) – hin. Bei den *Curl-ups in 30 Sekunden* tritt dieses Phänomen trotz der schnellen Übungsausführung durch die Fixierung des Kopfes nicht auf. Daß die *Curl-ups mit Taktvorgabe* von anderen Einflußvariablen abhängen, wird auch durch die Ergebnisse der Korrelations- und Faktorenanalyse gestützt.

Die klassischen Testübungen korrelieren sowohl untereinander als auch mit der relativen Maximalkraft gut. Die Höhe der Korrelationen zwischen Sit-ups, Beinhebungen und den Curl-ups in 30 Sekunden ist auf die analoge Belastungsstruktur zurückzuführen: Gefordert wird der wiederholte, schnellkräftige Einsatz der vorderen Rumpfmuskulatur. Die Maximalkraft ist abhängig von der Anzahl der gleichzeitig innervierten motorischen Einheiten und deren physiologischem Querschnitt, d.h. der gleichzeitig geschlossenen Aktin-Myosin-Brückenbindungen.

Sportmotorische Tests sollen dazu beitragen, motorische Dimensionen zu analysieren (vgl. Bös 1987). Die vor diesem Hintergrund durchgeführte Faktorenanalyse legt eine

zweifaktorielle Lösung nahe. Der erste Faktor, auf dem die Übungen *Maximalkraft*, *Beinhebungen*, *Sit-ups* und die *Curl-ups in 30 Sekunden* am höchsten laden, kann als Maximalkraft der Bauchmuskulatur interpretiert werden. Insbesondere die mit dem Kraftmeßstuhl erfaßten isometrischen Maximalkräfte korrelieren sehr hoch mit den klassischen Testübungen. Da auf dem Kraftmeßstuhl keine Fixierung der Beine erfolgt und ein Hüftwinkel von 90° vorliegt, ist davon auszugehen, daß hierbei vorwiegend die Kraft der Bauchmuskulatur erfaßt wird (vgl. Bös/Mechling 1983).

Die *Curl-ups mit Taktvorgabe* laden im Gegensatz zu den anderen Übungen hoch auf dem zweiten Faktor. Der zweite Faktor kann nicht ohne Schwierigkeiten beschrieben werden. Offensichtlich spiegeln sich hier sowohl motorische als auch psychische Faktoren wider. Wie bereits dargestellt wurde, spielen bei der Übung *Curl-ups mit Taktvorgabe* die Kraft der vorderen Halsmuskulatur und die Fähigkeit, Schmerzen zu tolerieren, eine größere Rolle als die Kraft der Bauchmuskulatur. Die *gehaltenen Curl-ups* können keinem der beiden Faktoren zugeord-

net werden. Hier spielen insbesondere bei längeren Haltezeiten motivationale Aspekte eine größere Rolle als der Faktor Maximalkraft (vgl. Vincent/Britten 1980).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß aufgrund der Faktorenanalyse neben den klassischen Übungen lediglich die Übung *Curl-ups in 30 Sekunden* als valide Testübung zur Erfassung der Bauchmuskulatur angesehen werden kann.

Obwohl bei den Sit-ups und den Beinhebungen andere Muskelgruppen – zum einen die Hüftbeugemuskulatur durch die Fixierung der Beine, zum anderen die Schulter- und Brustmuskulatur durch das Festhalten an der Sprossenwand – einen Einfluß auf die Leistung haben, scheint der Bauchmuskulatur die leistungsdeterminierende Bedeutung beim Rumpfaufrichten zuzukommen. Elektromyographische Untersuchungen von Unhold/Kunz (1988) zeigten, daß die Bauchmuskulatur während der gesamten Übungszeit hoch bzw. maximal aktiv ist. Andererseits darf nicht verkannt werden, daß mit EMG-Untersuchungen nicht alle Muskeln erfaßt werden können. Insbesondere die Hüftbeugemuskulatur entzieht sich einer Betrachtung durch ein Oberflächen-EMG (vgl. Besmajian 1958), so daß unser Wissen über die genauen Innervationsverhältnisse nach wie vor lückenhaft ist. Dies gilt auch für die Kraftfähigkeiten der einzelnen an der Rumpfaufrichtung beteiligten Muskeln. Wie Ricci/Marchetti/Figura (1981) zeigen konnten, kommt es unabhängig von der beim Rumpfaufrichten gewählten Ausgangsposition zu typischen Innervationsmustern, wobei sogar antagonistische Muskelgruppen beteiligt sein können. Kelley (1982) kann deutlich machen, daß bei der Arbeit mit gebeugten Knien die Ausschaltung der Hüftbeugemuskulatur eine relativ geringe Bedeutung hat. Bedeutsamer ist die Verkleinerung der Länge des Lastarmes, der durch die untere Extremität gebildet wird. Die Bauchmuskulatur muß bei angewinkelten Beinen mehr Kraft aufbringen, um den Oberkörper einzurollen und um die Länge des Lastarmes des Oberkörpers zu verringern.

Tab. 5: Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Gesamtstreuung bei den verschiedenen Übungen zur Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur sowie des Test-Retest-Koeffizienten

	Maximale Wiederholungszahl bei vorgegebener Taktfrequenz (n = 30)	Maximale Wiederholungszahl in 30 Sekunden (n = 30)	Maximale Haltezeit in Sekunden (n = 30)
$\bar{x} \pm s$ (1. Test)	32,2 ± 16,6	22,4 ± 7,0	34,9 ± 16,7
Minimum – Maximum (cm)	13–85	13–39	12–63
$\bar{x} \pm s$ (Retest)	33,6 ± 17,3	24,5 ± 9,1	38,2 ± 20,9
Minimum – Maximum (cm)	15–84	8–52	8–85
Test-Retest-Koeffizient (r)	.84	.91	.86

Tab. 6: Korrelationen (r) und Signifikanzniveau (p) der Testergebnisse der drei Curl-up-Varianten mit dem individuellen Totpunkt

	Maximale Wiederholungszahl bei vorgegebener Taktfrequenz (n = 30)	Maximale Wiederholungszahl in 30 Sekunden (n = 30)	Maximale Haltezeit in Sekunden (n = 30)
r	.034	.291	.134
p	.856	.112	.472

Tab. 7: Interkorrelationen zwischen den verschiedenen Tests zur Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur (* = p < 0,05). Obere Hälfte der Korrelationsmatrix: Angabe der Korrelationskoeffizienten für Männer. Untere Hälfte: Angabe der Korrelationskoeffizienten für Frauen

	Sit-ups	Beinhebungen	Relative Maximalkraft	Haltezeit	Curl-ups mit Taktvorgabe	Curl-ups in 30 Sekunden
Sit-ups	-	.69*	.79*	-.04	.29	.58*
Beinhebungen	.70*	-	.88*	.01	.45	.61*
Relative Maximalkraft	.77*	.76*	-	-.07	.27	.71*
Haltezeit	.34	.52	.52	-	-.17	.21
Curl-ups mit Taktvorgabe	.28	.12	-.14	-.21	-	.01
Curl-ups in 30 Sekunden	.48	.50*	.53*	-.02	-.34	-

Tab. 8: Eigenwerte und erklärte Varianzanteile bei der Faktorenanalyse

Faktor	Eigenwert	Aufgeklärter Varianzanteil
1	3,10	79,1%
2	1,19	11,6%

Tab. 9: Normalisierte Faktorenladungen der durchgeführten Faktorenanalyse

	Faktor 1	Faktor 2
Relative Maximalkraft	.91	.11
Beinhebungen in 30 Sekunden	.89	.21
Sit-ups in 30 Sekunden	.85	.23
Curl-ups in 30 Sekunden	.75	.41
Haltezeit	.35	.20
Curl-ups mit Taktvorgabe	.17	.95

Neben diesen mechanischen Betrachtungen soll im folgenden eine Betrachtung des Begriffes »funktionell« erfolgen. Schon 1903 hat Lombard am Beispiel der ischiokruralen Muskelgruppe gezeigt, daß insbesondere zweigelenkige Muskeln zuweilen ein paradoxes Verhalten zeigen können: Muskeln können in Abhängigkeit von den Winkelstellungen der beteiligten Gelenke zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Gesamtmuskelschlinge als ihr eigener Antagonist fungieren. Dies gilt insbesondere für geschlossene kinematische Ketten, wie sie bei Alltagsbewegungen normal sind (vgl. Wiemann 1991). Vor diesem Hintergrund muß das Anliegen, isoliert die Kraft einzelner Muskeln funktionell testen zu wollen, kritisch hinterfragt werden. Funktionelles Testen sollte bedeuten, daß die Muskeln entsprechend ihrer Funktion innerhalb der Alltags- und Arbeitsmotorik geprüft werden. Die Forderung, eine geschlossene kinematische Kette bei

der Testdurchführung zu erfassen, erfüllen die Beinhebungen und die Sit-ups.

Die oftmals geäußerte Behauptung, die Kraft der Hüftbeugemuskulatur sei in der Regel groß genug, um Schwächen der Bauchmuskulatur zu kompensieren (vgl. Kendall 1965; Vincent/Britten 1980), bedarf einer empirischen Bestätigung. Bisher liegen nach Kenntnis des Autors keine Untersuchungen vor, die einen Zusammenhang zwischen dem Grad der Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur und der Kraft der Hüftbeuge- bzw. Bauchmuskulatur statistisch sichern könnten.

Die Ergebnisse sprechen dafür, daß bei den Sit-ups und den Beinhebungen der Bauchmuskulatur trotz der Möglichkeiten der Kompensation innerhalb der Rumpfbeugeschlinge die wichtigste Funktion zukommt. Sit-ups und Beinhebungen haben des weiteren aufgrund ihrer Testökonomie ihre Relevanz im Sport mit Menschen, die keine Rückenprobleme haben. Auch Vincent/Britten (1980) kommen zu dem Schluß, daß die Sit-ups unter ökonomischen Gesichtspunkten die einzige Möglichkeit darstellen, um bei großen Untersuchungen die Kraft der vorderen Rumpfmuskulatur zu erfassen.

Bei Probanden mit orthopädischen Problemen sollte jedoch eine sequentielle Prüfstrategie (vgl. Bös/Wydra/Karisch 1992) durchgeführt werden, wobei neben den bekannten Muskelfunktionstests (vgl. Janda 1986) zur Diagnose von Muskeldysbalancen auch die neu entwickelte Curl-up-Variante mit Registrierung der Wiederholungszahl in 30 Sekunden zur Quantifizierung der Kraft eingesetzt werden kann.

Die entwickelte Curl-up-Variante mit Registrierung der Wiederholungszahl in 30 Sekunden stellt eine objektive, reliable und valide Testalternative zu den traditionellen und kritisch zu betrachtenden sportmotorischen Tests dar. Die diskutierten Nachteile der Sit-ups und Beinhebungen werden dabei vermieden. Jedoch werden die Vorteile dieser Testübungen hinsichtlich des Testens einer geschlossenen kinematischen Kette sowie hinsichtlich der Durchführungseffizienz nicht erreicht.

Durch die vorliegende Studie bleibt die Frage der Beanspruchung der Bandscheibe bei verschiedenen Formen von Sit-ups und Beinhebungen nach wie vor unbeantwortet. Insbesondere stellt sich die Frage, ob Menschen ohne Bandscheibenprobleme Sit-ups oder Beinhebungen als Testübung durchführen dürfen. Um gesicherte Aussagen machen zu können, wann es zu einer Überbeanspruchung kommt, wissen wir noch zu wenig. Hierzu sind Kenntnisse über die maximale Belastbarkeit der Bandscheibe notwendig. Nachemson (1976) gibt an, daß vertikale Belastungen der Wirbelsäule von bis zu 1000 kg möglich seien und daß meist zuerst die Deckplatten der Wirbelkörper einbrächen. In einigen Fällen sei es bereits bei Belastungen zwischen 300 und 500 kg zu Zerreißungen der Bandscheibe gekommen. Berthold et al. (1990) geben Festigkeitsgrenzen des Bewegungssegments von 65 kp/cm² an. Als ein generelles Manko der Festigkeitsuntersuchungen muß der nicht simulierbare Muskeleinfluß angesehen werden. Für das Rudern als eine die Lendenwirbelsäule sehr hoch belastende Sportart stellen Berthold et al. (1990, 5) fest:

»Auch unsere Werte liegen so nahe an der Resistenzgrenze (der Wirbelkörper – G.W.), daß größere Schäden, als sie ohnehin zu verzeichnen sind, beim Rudern zu erwarten wären. Mithin muß in vivo ein Mechanismus vorliegen, der die Wirbelsäule entlastet. Übereinstimmend wird dieser in der Wirkung der Muskulatur gesehen.«

Die Frage, inwieweit durch das wiederholte Üben der Sit-ups eine Schädigung der Bandscheiben ausgelöst werden kann, kann aufgrund des vorliegenden Zahlenmaterials nicht beantwortet werden. Aussagen hierzu, ebenso wie zur Beantwortung der Frage, ob durch wiederholte Sit-ups Beschwerden ausgelöst werden können (vgl. Mutoh et al. 1983), sind letztendlich nur auf der Basis prospektiver experimenteller Studien möglich, die aber nicht nur aus ethischen Gründen nicht durchführbar sind. Der direkte Vergleich der Bandscheibenbelastung, die im Alltag durch ungünstiges Sitzen, Bücken, Heben etc. ent-

steht, mit der Belastung, die bei der gelegentlichen Durchführung von Sit-ups als Test- oder Trainingsübung auftreten, sollte zu einer Relativierung der Gefahr, die von den Sit-ups für die Bandscheibe ausgeht, führen.

Für die Praxis des Testens und Trainierens sollte man jedoch trotzdem Vorsicht walten lassen. Vor der Durchführung von sportmotorischen Leistungstests zur Beurteilung der Kraft der Bauchmuskulatur sollte man die Bauchmuskulatur durch ein langsames kontrolliertes Rumpfaufrichten in ihrer Funktion testen (vgl. Daniels/Worthingham 1974). Tritt hierbei der Verdacht einer Bauchmuskelschwäche auf, sollte man auf Sit-ups und Beinhebungen als Testübung verzichten. Anstelle dessen könnte die neue Testvariante angewandt werden. Das gleiche gilt für Menschen mit Lendenwirbelsäulenproblemen – gleich welcher Ätiologie. Auch hier sollte man auf Sit-ups oder Beinhebungen als Test- und insbesondere als Trainingsübung vollkommen verzichten.

Die vorliegende Studie verdeutlicht die Probleme bei der Entwicklung eines Tests zur quantitativen Erfassung der Kraft der Bauchmuskulatur. Es handelt sich um eine erste Evaluationsstudie. Endgültige Aussagen, insbesondere zu Normwerten, sind derzeit noch nicht zu machen. Hierzu sind noch weitere Studien, vor allem an anderen Stichproben, notwendig.

Literatur

1. Basmajian, J.V.: Electromyography of iliopsoas. In: Anat. Rec. 132 (1959) 127-132.
2. Berthold, F. et al.: Die Belastung der unteren Lendenwirbelsäule beim Rudern und abgeleitete trainingsmethodische Einflüsse zur Prävention. Referat gehalten anlässlich des internationalen Symposiums »Mensch – Kraft – Bewegung« vom 13. bis 14. Oktober 1990 in Bonn.
3. Bös, K., Mechling, H.: Dimensionen der Motorik. Hofmann, Schorndorf 1983.
4. Bös, K., Wydra, G., Karisch, G.: Gesundheitsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport. perimed, Erlangen 1992.
5. Bös, K.: Handbuch sportmotorischer Tests. Hogrefe, Göttingen 1987.
6. Daniels, L., Worthingham, C.: Muscle Testing. W. B. Saunders & Co, Philadelphia 1974.
7. De Lacerda, F.: Anatomical analysis of basic abdominal exercises. In: Journal of Physical Education 75 (1978) 5, 114-115.
8. Graves, J.E., et al.: Effect of training frequency and specificity on isometric lumbar extension strength. In: Spine 15 (1990) 6, 504-508.
9. Grimby, G.: Current aspects of eccentric training for muscle rehabilitation. In: Clinical Journal of Sport Medicine 2 (1992) 1, 1-5.
10. Jackson, A., Jackson, T., Hnatek, J., West, J.: Strength development: Using functional isometrics in an isotonic strength training program. In: Research Quarterly for Exercise and Sport 56 (1985) 3, 234-237.
11. Janda, V.: Muskelfunktionsdiagnostik. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (Ost) 1986.
12. Kelley, D.L.: Exercise prescription and the kinesiological imperative. In: Journal of Physical Education, Recreation and Dance 53 (1982) 1, 18-20.
13. Kendall, F.P.: A criticism of current tests and exercises for physical fitness. In: Physical Therapy 45 (1965) 3, 187-197.
14. Kunz, H., Unold, E.: Muskeleinsatz beim Krafttraining. Trainingsübungen unter der Lupe. Trainer-Information Bd. 21. Herausgegeben von der Eidgenössischen Turn- und Sportschule und dem Nationalen Komitee für Elite-Sport. Magglingen 1988.
15. Lombard, W.P.: The action of two-joint muscles. In: American Physical Education Review 8 (1903), 141-145.
16. 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 (Maryland) 1983, 180-185.
17. Nachemson, A., Elfström, G.: Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. Stockholm 1970.
18. Nachemson, A.: Lumbar intradiscal pressure. In: Jayson, M. (Ed.): The lumbar spine and back pain. London 1976.
19. O'Shea, K., O'Shea, J.: Functional isometric weight training: Its effects on dynamic and static strength. In: Journal of Applied Sport Science Research 1989, 30-33.
20. Ricci, B., Marchetti, M., Figura, F.: Biomechanics of sit-up exercises. In: Medicine and Science in Sports and Exercise 13 (1981) 1, 54-59.
21. Robertson, L.D., Magnusdottir, H.: Evaluation of criteria associated with abdominal fitness testing. In: Research Quarterly for Exercise and Sport 58 (1987) 3, 355-359.
22. Vincent, W.J., Britten, S.D.: Evaluation of the Curl-up a substitute for the bent-knee sit-up. In: Journal of Physical Education and Recreation 51 (1980) 2, 74-75.
23. Wiemann, K.: Präzisierung des Lombardischen Paradoxons in der Funktion der ischiocruralen Muskeln beim Sprint. In: Sportwissenschaft 21 (1991) 4, 413-428.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Georg Wydra
Bosenberg-Kliniken
66606 St. Wendel