

A. Klee

## Zur Theorie der muskulären Balance

Bei der Diskussion über die muskuläre Balance wird davon ausgegangen, daß die Ausprägung der Körperhaltung von der Muskelfunktion abhängig ist. Eine Balance zwischen antagonistischen Muskeln ermöglicht eine »normale« Haltung, ein Dysbalance führt zu einer »unnormalen«, »unphysiologischen« Haltung.

Als die beiden wesentlichen Merkmale der Körperhaltung werden in den entsprechenden Veröffentlichungen die Wirbelsäulenhaltung und vor allem die Beckenneigung genannt. Vor allem dem vorgekippten Becken wird ein gesundheitsgefährdendes Potential zugesprochen, da es hier durch die starke Abknickung der Wirbelsäule gegenüber dem Becken zu starken Scherkräften in diesem Bereich kommt, die insbesondere an den Bandscheiben und den kleinen Wirbelgelenken zu Verschleißerscheinungen führen. Als Ursache des vorgekippten Beckens wird eine Verkürzung der Hüftbeuger und der unteren Rückenmuskeln sowie eine Abschwächung und somit Verlängerung der Bauchmuskeln und der Hüftstrecker angenommen. Diese Erkenntnis ist aber nicht als neu zu bezeichnen.

An dem Artikel »Der »Kreuzschmerz« des Leistungssportlers« (GRAFF u.a., 1986) werden zwei weitere Gesichtspunkte, die zu dem regen Interesse an dem Thema geführt haben, deutlich: Zum einen können mit der Theorie der muskulären Dysbalance auch Beschwerden von Leistungssportlern, speziell Rückenbeschwerden, erklärt werden, und zum anderen werden innerhalb der Diskussion um die muskuläre Balance immer wieder auch Kraftübungen hinsichtlich ihrer funktionell-anatomischen Legitimation hinterfragt. Zu nennen sind hier vor allem Bauchmuskulübungen, bei denen es – wie eine nähere Analyse zeigt – nicht zu einem Kräftigungseffekt der Bauchmuskeln, sondern der Hüftbeuger kommt. Problematisch ist dies, weil diese Bauchmuskulübungen zu einer Aufrichtung des Beckens und Entlastung der Wirbelsäule führen sollen, und durch eine Kräftigung der Hüftbeuger genau das Gegenteil bewirkt wird.

Bei einer oberflächlichen Betrachtung der Veröffentlichungen bewirkt deren große Anzahl und die sich deckenden Aussagen, daß der Leser den Eindruck bekommt, es handle sich dabei um eine vielfach überprüfte und feststehende Theorie. Bei der

intensiveren Beschäftigung zeigt sich, daß die Theorie der muskulären Balance, die letztendlich nur auf einer Untersuchung (RAMSEY u.a., 1940) basiert, die bisher deduktiv-dogmatisch übernommen wurde, nicht ohne Unstimmigkeiten und offene Fragen ist.

### Kritische Stellungnahme zur »Theorie der muskulären Balance«

1. Der erste Kritikpunkt betrifft die Fragwürdigkeit der Angabe von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale (Beckenneigung, Lordose, Kyphose usw.) als von muskulären Balancen abhängige Variablen, die es anzustreben gilt, denn die gängigen Methoden der Legitimation von Normwerten der Körperhaltung – die *Mittelwertberechnung* und *theoretisch-technische Überlegungen* (LEGER, 1959) – können nur orientierend sein. Die Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale ist letztendlich nur durch den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs zwischen Abweichungen von diesen Normwerten und Beschwerden möglich (MENGE, 1982).

2. Der zweite Kritikpunkt betrifft die »muskuläre Seite« des Problemkomplexes. In der Literatur wird unterschieden zwischen phasischen Muskeln (Bewegungsmuskeln), die zur Abschwächung und somit Verlängerung neigen sollen, und posturalen (tonischen) Muskeln (Haltungsmuskeln), die zur Verkürzung neigen sollen. Vergleicht man entsprechende Auflistungen, so stellt man eine große Übereinstimmung fest, die wiederum die bereits beschriebene Wirkung auf den Leser hat (s.o.). SPRING unterscheidet posturale und phasische Muskeln anhand von 8 Kriterien (vgl. Abb. 1). Diese 8 Kriterien lassen sich bei näherer Betrachtung auf 5 Kriterien reduzieren:

- (1) Reaktion auf Überlastung: Verkürzung und Abschwächung
- (2) Haltungs- und Bewegungsfunktion
- (3) Phylogenese
- (4) Fasertyp (diesem Kriterium sind die Eigenschaften Ermüdbarkeit, Reaktion und Steuerung untergeordnet)
- (5) gegenseitige Einflüsse.

Den ersten beiden Kriterien (1) »Verkürzung durch Kontraktionsrückstand und Abschwächung und somit Verlängerung durch Dehnungsrückstand« und (2) »Haltungs- und Bewegungsfunktion« kommt innerhalb der Diskussion über die Theorie der muskulären Balance zentrale Bedeutung zu, aber:

1. Die naturwissenschaftlichen Begründungen von Muskelverlängerungen durch *Dehnungsrückstand* und Muskelverkürzungen durch *Kontraktionsrückstand* bzw.

Eigenschaft	postural (tonisch)	phasisch
1. Funktion	vorwiegend Haltefunktion	vorwiegend Bewegungsfunktion
2. Ermüdbarkeit	weniger	stärker
3. Reaktion	langsamer	rascher
4. Phylogenese	älter	jünger
5. Fasertyp	überwiegend Slow Twitch-Fasern	überwiegend Fast Twitch-Fasern
6. Steuerung	Alpha-2-Motoneurone	Alpha-1-Motoneurone
7. Reaktion auf Überlastung	Verkürzung	Abschwächung
8. gegenseitige Einflüsse	ein verkürzter Muskel hemmt reflektorisch seine phasischen Antagonisten	abgeschwächte phasische Muskeln sind wegen dieser reflektorischen Hemmung nicht maximal stimulierbar

Abbildung 1: Charakteristik der posturalen (tonischen) und phasischen Muskulatur (verändert nach SPRING 1981)

Delta-Zustand (DORDEL, 1975; RAMSEY u.a., 1940), die bei der Ätiologie muskulärer Dysbalancen einstimmig zugrundegelegt werden, können nicht bestätigt werden.

2. Die normative Einteilung in Haltungs- und Bewegungsmuskeln (vgl. z.B. SPRING, 1986) ist aufgrund großer intra- und interindividueller Varianten der Körperhaltung nicht gerechtfertigt. So konnte durch elektromyographische Untersuchungen überzeugend nachgewiesen werden, daß 25% der Menschen die Bauchmuskeln als Haltungsmuskeln einsetzen (ASMUSSEN, 1960; ASMUSSEN u.a., 1962; KLAUSEN, 1965; KLAUSEN u.a., 1978), die jedoch von allen Autoren übereinstimmend als zur Abschwächung neigende Bewegungsmuskeln eingestuft werden. Dies gilt im selben Maße für die Hüftmuskeln. CARLSÖÖ (1972) kommt nach der Durchsicht diesbezüglicher Untersuchungen zu dem folgenden Ergebnis: »It is not possible to say a

priori if the joint's postural muscles should be sought among the hip's flexors or extensors.«

Auch die 3 übrigen Kriterien »Phylogenese«, »Fasertyp« und »gegenseitige Einflüsse« halten einer kritischen Überprüfung nicht stand, so daß restümiert werden kann:

*Die Theorie der muskulären Balance entbehrt einer wissenschaftlichen Fundierung.*

Es sind nur 2 Untersuchungen dokumentiert, die den Zusammenhang zwischen Muskelfunktion (in beiden Fällen die Kraft der Bauch- und Rückenmuskeln) und der Körperhaltung (Beckenneigung und Wirbelsäulenhaltung) mit wissenschaftlichen Methoden untersucht haben (ASMUSSEN u.a., 1959; KLAUSEN u.a. 1978). Beide Untersuchungen erbrachten jedoch keine Ergebnisse in der Deutlichkeit, wie sie bei der Diskussion über die muskuläre Balance hätten erwartet werden müssen.

### Die Meßmethoden

Zur Messung der Muskelfunktion wird innerhalb der Untersuchungen der muskulären Balance bis auf wenige Ausnahmen der Muskelfunktionstest nach JANDA eingesetzt, bei dem manuell und per Augenschein die Kraft in 6 Stufen eingeteilt wird und der Dehnungsgrad der Muskeln in 2 Stufen: verkürzt oder nicht verkürzt. Für bestimmte Anwendungsgebiete ist dieser Test sicher sinnvoll, für wissenschaftliche Untersuchungen ist er jedoch ungeeignet. Gleiches gilt für die visuelle Beurteilung der Haltung. Auch sie kann nicht Grundlage statistisch absicherbarer Untersuchungsergebnisse sein.

Untersuchung zur muskulären Balance – Dysbalance:

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung wurden von 54 Schülern die folgenden Parameter erhoben:

1. Alter, Größe und Gewicht.

An einem Muskelfunktionsmeßstand:

2. die isometrische Maximalkraft [N] der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenstreckmuskulatur,



**Abbildung 2:** *habituelle Haltung – angespannte Haltung – Ruhehaltung*

3. der Dehnungsgrad [°], die maximale Dehnungsspannung [N] und die Ruhespannung [N] der Hüftbeuger und der ischiokruralen Muskelgruppe; Photogrammetrisch (durch Auswertung der Dias mittels eines Digitalisierbrettes),
4. die Wirbelsäulenform (Lordose- und Kyphosewinkel), die Beckenneigung sowie ein Parameter zur Gesamtkörperhaltung bei der habituellen Haltung, der angespannten Haltung und der Ruhehaltung,
5. die Halteleistungsfähigkeit durch den MATTHIAS-Haltetest, zum einen ohne und zum anderen mit Aufmerksamkeitslenkung auf die Aufgabenstellung, und
6. die maximale Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeuge- und streckfähigkeit.

## Das Training

Im Anschluß an den Vortest wurde in einem Fitneß-Studio ein 10wöchiges Trainingsexperiment durchgeführt (durchschnittliche Trainingshäufigkeit: 17,75n), durch das nachgewiesen werden sollte, ob sich die Muskelfunktionsparameter und die Haltung beeinflussen lassen. Dabei wurden die beteiligten 40 Schüler anhand der Beckenneigung in zwei Gruppen mit 20 Teilnehmern unterteilt. 13 Schüler dienten als Kontrollgruppe.

Die Schüler mit *überdurchschnittlicher Beckenneigung* absolvierten ein Trainingsprogramm, das Übungen zur *Beckenaufrichtung* beinhaltete (Trainingsgruppe A).

Bauchpressen	→	Bauchmuskelkräftigung
Hüftdehnung	→	Hüftbeugerdehnung
Rückendehnung	→	Rückenmuskeldehnung
Beinpresse	→	Hüftstreckerkräftigung

Die Schüler mit *unterdurchschnittlicher Beckenneigung* trainierten nach einem Programm mit dem Schwerpunkt *Ventralrotation (Vorkippen) des Beckens* (Trainingsgruppe B).

Beinheben am Barren	→	Kräftigung der Hüftbeuger
sit-ups	→	Kräftigung der Hüftbeuger
Rückenstrecken	→	Rückenmuskelkräftigung
Oberschenkeldehnung	→	Dehnung der Mm. ischiocrurales

Eine weitere haltungsbeeinflussende Übung, die beide Gruppen absolvierten, ist das Trapezziehen. Diese Übung trainiert vor allem den M. trapezius und soll eine straffere Schultergürtelhaltung bewirken.

Die restlichen Übungen (Bankdrücken, Nackenziehen, Beinstrecken, Trizepsdrücken, Bizepsmaschine) sollten der Motivation der Schüler dienen, die primär trainierten Muskeln sind keine posturalen Muskeln im engeren Sinne.

Die Aufwärmphase zu Beginn des Trainings bestand wahlweise in Fahrradfahren oder Seilchenspringen. Beim Krafttraining an den Geräten (Bankdrücken, Nackenziehen, Beinstrecken, Trizepsdrücken, Bizepsmaschine, Trapezziehen und Beinpresse) wurden pro Übung 3 Trainingssätze nach der Methode der wiederholten Krafteinsätze bis zur Erschöpfung mit 12–15 Wiederholungen (vgl. BÜHRLE u.a., 1984) absolviert. Bei denjenigen Kraftübungen, bei denen die äußere Belastung nicht verändert werden kann (den Eigengewichtsübungen: Bauchpressen, Rückenstrecken, Beinheben am Barren und sit-ups), galt als Trainingsziel, die Anzahl der Wiederholungen in den Trainingssätzen zu maximieren. Bei den Dehnungsübungen (Hüftdehnung, Rückendehnung und Oberschenkeldehnung) wurde den Schülern präzise erklärt, welche Muskeln gedehnt werden – und wo sie das Dehnungsgefühl spüren sollten. Die Dehnungsübungen sollten 3mal ca. 20–30 Sekunden ausgeführt werden.

## Ergebnisse

Durch die vorliegende Untersuchung sollte der Versuch unternommen werden, durch metrische Methoden der Erfassung der Muskelfunktion und der Haltung

- Grundlagenwissen über Zusammenhänge innerhalb dieses Themenkomplexes zu erarbeiten
- die in der Diskussion zum Thema »muskuläre Balance« vermuteten, bzw. als Tatsachen deklarierten Zusammenhänge zu überprüfen.

Die Auswertung ist in 6 Untersuchungsschwerpunkte untergliedert:

1. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den Variablen »Alter«, »Größe« und »Gewicht« einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits?

Zwischen der Kraft der 4 Muskelgruppen und dem Alter und/oder dem Gewicht bestehen signifikante Zusammenhänge. Die bivariaten Korrelationen zwischen der Kraft und der Größe erweisen sich innerhalb der multiplen Korrelationen als redundant (Scheinkorrelationen). Somit wird die Varianz der Maximalkraft der untersuchten Muskeln vor allem durch die Variablen »Alter« und/oder »Gewicht« erklärt.

Die Beckenneigung weist einen signifikanten Zusammenhang zur Größe auf: Je größer die Versuchspersonen sind, um so aufgerichteter ist ihr Becken und der

lumbosakrale Wirbelsäulenabschnitt. Die bivariate Korrelation der Beckenneigung mit dem Gewicht ist redundant.

Ein zentrales Merkmal der Körperhaltung besteht im »Gesamtkörperwinkel«, der die Position des Beckens bzgl. des Oberkörpers und der Beine quantifiziert, d.h. anzeigt, ob eine Versuchsperson eine Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken aufweist. Zwischen diesem Merkmal und der Größe und dem Gewicht bestehen signifikante Zusammenhänge: große leichte Versuchspersonen schieben ihr Becken weiter vor als kleine schwere Versuchspersonen. Dies trifft sowohl für die habituelle Haltung, die angespannte Haltung und die Ruhehaltung als auch für die Körperhaltung zu Beginn der beiden MATTHIAS-Haltetests zu.

Zwischen der Kyphose einerseits und dem Alter, der Größe und dem Gewicht andererseits bestehen signifikante Zusammenhänge. Große leichte alte Versuchspersonen haben relativ stark ausgeprägte Kyphosen.

2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Parametern »Maximalkraft«, »Dehnungsgrad«, »Ruhespannung« und »maximale Dehnungsspannung« eines Muskels oder denjenigen verschiedener Muskelgruppen?

Zwischen dem Dehnungsgrad, der maximalen Dehnungsspannung und der Ruhespannung bestehen sehr hohe multiple Korrelationen. Demnach weisen Versuchspersonen, die eine geringe Ruhespannung haben und darüber hinaus eine hohe maximale Dehnungsspannung zulassen, einen hohen Dehnungsgrad auf. Dabei ist die erklärte Varianz des Dehnungsgrades durch die Prädiktoren »Ruhespannung« und »maximale Dehnungsspannung« bei der ischiokruralen Muskelgruppe mit 57% und bei den Hüftbeugern mit 81% bemerkenswert hoch.

Es ist anzunehmen, daß der positive Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad und der maximalen Dehnungsspannung zumindest zum Teil durch die nicht quantifizierbare und nicht kontrollierbare Variable »Toleranz der Versuchsperson gegen Dehnungsschmerz« verursacht wird.

Zwischen der Kraft der Bauchmuskeln und dem Hüftbeuger-Dehnungsgrad besteht ein positiver Zusammenhang. Es muß jedoch bezweifelt werden, daß hier der von SPRING (1981) dargestellte Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, »die verkürzten posturalen Hüftbeuger bewirken über eine reflektorische Hemmung eine Abschwächung der antagonistischen phasischen Bauchmuskulatur«, besteht, denn die Bauchmuskeln und die Hüftbeuger agieren bei allen Beugungen der Rumpfvorderseite synergistisch, so daß bei diesen Muskelgruppen nicht lediglich aufgrund ihrer entgegengesetzten Wirkung auf die Beckenneigung von Antagonisten gespro-

chen werden kann. Es erscheint plausibler, daß es eine Variable (z.B. »Trainingszustand«) gibt, die diese Variablen kausal beeinflusst und es so zu einer Scheinkorrelation kommt.

Am Beispiel der Hüftbeuger wird nachgewiesen, daß ein Muskel mit hoher Maximalkraft nicht gleichzeitig die – in der Literatur verkürzten Muskeln zugesprochenen – Kennzeichen »hohe Ruhespannung«, »geringer Dehnungsgrad« und »hohe maximale Dehnungsspannung« aufweist.

3. Welche Zusammenhänge existieren zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen (Beckenneigung, Lordose, Kyphose)?

Zwischen der Beckenneigung und der Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulenabschnitts und zwischen der Beckenneigung und dem Lordosewinkel bestehen Korrelationen, die den in der Literatur beschriebenen Zusammenhängen zwischen der Beckenneigung und der Ausprägung der Lordose entsprechen: Je aufgerichteter das Becken ist, um so geringer ist die Lordose ausgeprägt.

Der Gesamtkörperwinkel weist einen hohen Zusammenhang mit den Wirbelsäulenkrümmungen auf. Versuchspersonen mit vorgeschobenem Becken haben durchschnittlich stärker ausgeprägte Lordosen und Kyphosen.

Die Prädiktorvariablen »Alter« und »Gesamtkörperwinkel« erklären zu 33% die Varianz der Kriteriumsvariablen »Kyphose«: Je älter die Versuchsperson ist und je vorgeschobener gleichzeitig das Becken ist, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt.

Die Varianz der Kriteriumsvariablen »Lordose« wird zu 81% durch die Varianzen der Prädiktorvariablen »Gesamtkörperwinkel« und »Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulenabschnitts« erklärt: Eine vorgeschobene Position des Beckens und ein vorgeneigter lumbosakraler Wirbelsäulenabschnitt verursachen eine ausgeprägte Lordose.

Zwischen der Ausprägung der Lordose und der Ausprägung der Kyphose besteht ein positiver Zusammenhang.

4. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen? Dieser Themenschwerpunkt beinhaltet die Fragestellungen der Theorie der »arthromuskulären Balance« im engeren Sinne.

Die Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und der Körperhaltung stellen sich zum Teil nicht in der Weise und nicht mit der Deutlichkeit dar, wie sie in der Diskussion zum Thema »muskuläre Balance« vermutet bzw. als Tatsachen deklariert werden.

Am Beispiel der Bauchmuskeln und des Gesamtkörperwinkels konnte gezeigt werden, daß der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang – zumindest in diesem Fall – nicht die vermutete Richtung hat, denn die Stellung des Oberkörpers in der Sagittalebene (vor- oder rückgeneigt) hängt nicht von der Kraft der Bauchmuskeln ab, sondern die Kraft der Bauchmuskeln von der Stellung des Oberkörpers.

Die Aussagefähigkeit des MATTHIAS-Haltetests muß aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung in Frage gestellt werden. Es ist kein Zusammenhang zwischen der Haltung bzw. der Haltungsveränderungen während des MATTHIAS-Haltetests und der Rückenmuskelkraft nachweisbar. Es besteht lediglich ein geringer Zusammenhang mit der Kraft der Bauchmuskeln.

Die Varianz der Kriteriumsvariablen »Kyphose« kann innerhalb der multiplen Korrelation zu 50% durch die 13 Prädiktoren (Alter, Größe, Gewicht; Kraft der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenmuskeln; Dehnungsgrad, Ruhespannung und maximale Dehnungsspannung der Hüftbeuger und der ischiokruralen Muskelgruppe) erklärt werden. Hierbei zeigen sich jedoch Korrelationen, deren Ursache-Wirkungs-Zusammenhang noch näher im Gesamtgefüge des Wirkungskomplexes aufgedeckt werden muß. Durch verschiedene Prädiktorenkombinationen zeigte sich als deutlichstes und interessantestes Ergebnis:

Je kräftiger die Rückenmuskeln in Relation zu den Bauchmuskeln sind, um so geringer ist die Kyphose ausgeprägt.

Darüber hinaus zeigten sich noch einige andere Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und haltungskonstituierenden Merkmalen, die die Bedeutung der Muskelfunktion und insbesondere des Kräfteverhältnisses bestimmter Muskelgruppen zueinander und des Verhältnisses zwischen Muskelfunktion und anthropometrischen Größen für die Körperhaltung dokumentieren:

Versuchspersonen, die gleichzeitig schwache Hüftbeuger und kräftige Rückenmuskeln besitzen, weisen bei der Ruhehaltung eine vorgeschobenere Beckenposition auf.

Versuchspersonen, die in Relation zu den Hüftbeugern kräftige Bauchmuskeln haben, weisen eine geringere Kreuzbeinneigung, d.h. einen aufgerichteteren lumbosakralen Wirbelsäulenabschnitt auf.

Haben Versuchspersonen in Relation zu ihrem Gewicht kräftige Hüftbeuger, zeigen sie bei der Ruhehaltung vorgekipptere Becken.

Die Auswertung zeigt weiterhin, daß die Zuordnung der Bedeutung der einzelnen Muskeln und deren Funktion für die Körperhaltung grundsätzlich überdacht und überprüft werden muß.

5. Läßt sich durch ein 10wöchiges Kraft- und Dehnungstraining die Muskelfunktion einerseits und/oder die Körperhaltung und die Halteleistungsfähigkeit andererseits beeinflussen bzw. verbessern?

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen?

Zeigt ein Muskel, der kräftiger wird, auch gleichzeitig einen geringeren Dehnungsgrad und eine höhere Ruhespannung?

Durch das Training wurde erwartungsgemäß eine Erhöhung des Dehnungsgrades und der maximalen Dehnungsspannung bei den Hüftbeugern und bei der ischiokruralen Muskelgruppe bei den entsprechenden Trainingsgruppen bewirkt.

Eine Abnahme der Ruhespannung, wie sie Dehnungsübungen zugeschrieben wird, konnte innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden.

Bei den Bauchmuskeln stieg die Kraft bei beiden Trainingsgruppen noch signifikant an; bei der Kontrollgruppe zeigte sich ein tendenziell signifikanter Anstieg. Die Verbesserung der Hüftstreckermaximalkraft der Gruppe B ist noch signifikant, bei Gruppe A zeigt sich ein signifikanter Trend und bei der Kontrollgruppe ist keine signifikante Differenz zu vermerken. Bei den Hüftbeugern und Rückenstreckern war bei keiner der Gruppen ein Kraftanstieg festzustellen.

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen zeigt sich, daß die Veränderung des Dehnungsgrades bei der ischiokruralen Muskelgruppe zu 54% und bei den Hüftbeugern zu 68% durch die Veränderung der Ruhespannung und die Veränderung der maximalen Dehnungsspannung erklärt werden kann: Je geringer die Ruhespannung und je höher die maximale Dehnungsspannung im Nachtest in Relation zum Vortest ist, um

so höher ist der Dehnungsgrad. Dieser Zusammenhang kann allerdings nicht auf die Dehnungsübungen zurückgeführt werden.

Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Bauchmuskelfunktion und den Veränderungen der Dehnungsvariablen der Hüftbeuger: Versuchspersonen, die im Nachttest trotz geringerer Zugkraft einen höheren Hüftbeuger-Dehnungsgrad erreichen, weisen im Nachttest auch kräftigere Bauchmuskeln auf.

Bei den Hüftbeugern zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Kraft und den Veränderungen der Dehnungsvariablen. Demnach führt ein Kraftzuwachs nicht gleichzeitig zu einer Verkürzung im Sinne einer Abnahme des Dehnungsgrades bzw. einer Zunahme der Ruhespannung.

*Bei der Beeinflussung der Beckenneigung – dem zentralen Trainingsziel – zeigt sich tendenziell ein der Hypothese entsprechendes Ergebnis.* Das Becken der Trainingsgruppe, die ein Programm zur Beckenaufrichtung absolvierte, richtet sich um  $2,16^\circ$  auf ( $p < 0,01$ ). Die Differenzen der Beckenneigungswinkel der Gruppe B ( $0,50^\circ$ ) und der Kontrollgruppe ( $0,75^\circ$ ) sind nicht signifikant. Die generelle Tendenz der Beckenaufrichtung entspricht dem in der Vortestauswertung festgestellten Zusammenhang der Körpergröße und der Beckenneigung. Zwischen den beiden Trainingsgruppen besteht beim Vergleich der Mittelwerte der Beckenneigungswinkelveränderungen ein signifikanter Trend ( $p < 0,10$ ). Diese Befunde werden durch die Ergebnisse bei der Auswertung der Veränderungen des Beckenneigungswinkels vom Vor- zum Nachttest bei der angespannten Haltung und bei der Ruhehaltung gestützt.

Die Kyphose der beiden Trainingsgruppen zeigt nach der Trainingsphase einen Trend zur stärkeren Ausprägung.

Die Auswertung der Daten des MATTHIAS-Haltetests berechtigt zu dem Resümee, daß die Schüler der Trainingsgruppen ihre Halteleistungsfähigkeit verbessert haben. Dieses Ergebnis wird jedoch durch die Tatsache relativiert, daß die Aussagefähigkeit des MATTHIAS-Haltetests aufgrund des geringen Zusammenhangs mit der Muskelkraft grundsätzlich in Frage gestellt wurde (vgl. S. 206).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich bei den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und der haltungskonstituierenden Merkmale sowohl bei den abhängigen als auch bei den unabhängigen Stichproben signifikante Unterschiede nachweisen lassen, die den Schluß zulassen, daß eine Beeinflussung der Muskelfunktion und der Körperhaltung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen möglich ist.

## 6. Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und denjenigen der haltungskonstituierenden Merkmale?

Gesicherte Aussagen über kausale Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und haltungskonstituierenden Merkmalen und insbesondere über die Richtung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs sind idealtypisch durch den Nachweis eines Zusammenhangs zwischen den Veränderungen der Muskelfunktion als Prädiktorvariablen und den Veränderungen der Haltung als Kriteriumsvariablen möglich (oder umgekehrt). Daß sich bezüglich dieser Fragestellung nur wenige Befunde ergaben, wird vor allem durch die Tatsache erklärt, daß Trainingshäufigkeit, Reizintensität und Reizumfang im durchgeführten Trainingsexperiment relativ gering waren. Es wäre wünschenswert, wenn die vorliegende Untersuchung als Modell für anschließende Experimente dienen würde, die dann mit den dargestellten *metrischen Methoden der Haltungs- und Muskelfunktionsmessung und multivariaten interferenzstatistischen Auswertungen* (multiple Korrelation) den Erfolg der einzelnen Trainingsmaßnahmen über einen längeren Zeitraum kontrollieren und absichern sollten. *Sowohl die Verifikation als auch die Falsifikation der in der Diskussion zum Thema »Haltung, muskuläre Balance und Training« als Tatsachen deklarierten Annahmen ist nur durch die angewandten Methoden möglich.*

Es ist zu hoffen und zu erwarten, daß sich die Informationen auf dem Gebiet »Körperhaltung und Muskelfunktion« durch die Anwendung der multivariaten Methoden verdichten und sich somit nach und nach plausible Regressionsmodelle für die verschiedenen Parameter der Körperhaltung und der Muskelfunktion angeben lassen.

## Literatur

1. *Alter M.J.:* Science of Stretching. USA Campaign, Human Kinetics Publishers, Inc., Illinois 61820 (1988)
2. *Janda V.:* Muskelfunktionsdiagnostik. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 2. Auflage (1986)
3. *Klee A.:* Haltung, muskuläre Balance und Training. Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur – Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen. Harri Deutsch, Frankfurt a.M. (1993)
4. *Menge M.:* Form und Haltung der normalen Wirbelsäule im Röntgenbild. Z. Orthop. 120 (1982) 146–150

Komplette Literaturliste beim Verfasser