universität wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

Mythos Core Training.

Definition, Effekte und Messbarkeit.

Verfasser der Magisterarbeit

Mag.(FH) Bernhard Koller, Bakk. rer. nat.

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im März 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 066 826
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Magisterstudium Sportwissenschaft
Betreuer:	o. Univ.-Prof. Dr. med. Norbert Bachl

Meinem kleinen Bruder (* 13. Dezember 1983 – † 26. Juli 2003)

Abstract (Deutsch)

Core Training ist seit den späten 1990er Jahren allgegenwärtig. Fitness Gurus entwickeln ihre eigenen Core Konzepte, die Fitness- und Sportindustrie erfindet eigenes Core Equipment und die Medien preisen die Vorteile des Core Trainings, der Core Konzepte und des Core Equipment verkaufswirksam an.

Ein gut ausgeprägter Core fungiert als besserer Aufhängungspunkt für die Extremitäten und führt folglich zu einer effizienteren Kraftübertragung in der kinetischen Kette. Eine gut trainierte Körpermitte sorgt für eine erhöhte Stabilität der Wirbelsäule, erlaubt eine bessere Kontrolle des Körperschwerpunkts in Bewegungen und schafft somit die Voraussetzungen für eine harmonischere, effizientere Bewegungsausführung und Leistungsoptimierung in sportlichen Bewegungen. Diese verbesserte Bewegungskontrolle hat das Potential zur Reduktion von exzessiven Kräften, vor allem auf die unteren Extremitäten und führt folglich zu einer geringeren Verletzungsinzidenz.

Im Therapiebereich haben Forschungsarbeiten die Effekte von Core Training belegt. Deutlich weniger Forschungsergebnisse gibt es im athletischen Bereich. Unterschiedliche Studienergebnisse und deren Schlussfolgerungen preisen die Benefits von Core Training an, obwohl es keine anerkannten Definitionen von Core, Core Muskulatur und Core Training gibt; keine einheitlichen Messstandards vorhanden sind und keine Einordnung des Core Trainings und seiner Methoden in die Trainingswissenschaft vorliegt. Dennoch ist Core Training für viele Sportler/innen integraler Bestandteil ihres Trainings, mit dem Leistungssteigerungen erhofft werden.

Rund um das Thema Core Training hat sich über die Zeit ein Mythos entwickelt, dem viele, ohne fundierte Forschungsergebnisse einzufordern, vertrauen. Ziel dieser Arbeit ist es, diesen Mythos ein Stück weit aufzuklären, und wissenschaftlich fundierte Ansätze für Definition, Effekte und Messbarkeit von Core Training zu liefern.

Abstract (Englisch)

Since the late 1990s, core training has become omnipresent. Fitness professionals have invented core concepts, the fitness industry has produced core equipment and media has praised the advantages of core training, core concepts and core equipment.

A well developed core acts as a better suspension point for extremities and leads to more efficient power transmission in the body's kinetic chain. A well trained mid-section ensures high spinal stability, secures better control around the body's center of gravity and creates conditions for more harmonious and efficient exercise in order to improve performance. This improved motor control reduces injuries, particularly in the lower extremities.

Research in the rehabilitation sector has highlighted the benefits of core training. Less research has been performed on the benefits of core training for athletes. Contradictory findings and conclusions promote core training, although there is no accepted definition of core, core musculature and core training. No golden standard of core assessment and no classification of core training and its methods exist in training science. Nevertheless core training is an integral aspect for lots of athletes looking to increase their performance.

Over time a certain myth has evolved concerning core training. Most people believe in this myth, without demanding solid research. This study aims to enlighten this myth and to deliver scientific approaches to define, measure and prove the effects of core training.

Vorwort

„The term core stability is used by everyday people and, to most, it means a strong centre while moving the arms and legs. People often have no idea about the science behind the concept." (McNeill, 2010, S.80)

Das eingangs erwähnte Zitat von McNeill beschreibt sehr gut den Mythos Core Training. Viele Menschen benutzen den Begriff, trainieren nach Ideen des Core Trainings, entwickeln eigene Core Trainingskonzepte, bezeichnen sich selbst als Experten/innen im Bereich Core Training, ohne jedoch über genauere wissenschaftliche Hintergrundinformationen zu verfügen.

Im Zuge meines Sportstudiums, vor allem aber in meiner praktischen Tätigkeit als Fitness- und Personal Trainer, wurde ich mit diversen Konzepten des Core Trainings konfrontiert. Dabei stieß ich immer wieder auf dieselben Fragen: Was ist Core Training? Haben Core Übungen überhaupt einen wissenschaftlich nachweisbar leistungssteigernden Effekt? Oder bauen wir diese Übungen nur in unser Training ein, weil es berühmte Persönlichkeiten, Sportler/innen oder Autor/innen ebenso machen?

Auf der Suche nach passenden Antworten und fundierten wissenschaftlichen Daten, musste ich schon bald einsehen, dass es diese so eindeutig nicht gab. Es gibt eine Vielzahl an Erklärungsmodellen, Konzepten und Versuchen von Definitionen und Messsystemen. Da der Großteil der verwendeten Literatur englischsprachig ist, werden sehr oft englische Passagen zitiert, und bewusst nicht ins Deutsche übersetzt, da es im Deutschen für manche Begriffe keine entsprechende Übersetzung mit der exakt selben Bedeutung gibt. So wird in der gesamten Arbeit der Begriff „Rumpf" nicht mit dem Begriff „core" gleichgesetzt, da es im Englischen dafür die Begriffe „trunk" und „core" gibt, die von verschiedenen Autor/innen unterschiedlich verwendet werden. Nur wenn der/die Autor/in tatsächlich den Begriff „trunk" verwendet, wird dieser auch als solcher übernommen. Dasselbe gilt für den Begriff „core".

In der Arbeit wird bewusst der Begriff „Athlet/in" und nicht „Sportler/in" verwendet, da Athlet/innen an sportlichen Wettkämpfen teilnehmen, und daher eine Abgrenzung zum/zur Sportler/in leichter fällt. Diese Abgrenzung ist zur Auswahl von Studien zur Beantwortung leistungssteigender Effekte von Core Training wichtig, da hier unter anderem nur Studien von Proband/innen mit Athletenstatus berücksichtigt werden. Klare Definitionen und

Abgrenzungen sollen helfen, die Forschungsfragen zu einem ohnedies sehr nebulösen Thema stringent und verständlich zu beantworten.

Die Zuordnung der einzelnen Muskeln zu verschiedenen Muskelgruppen, deren Funktion und deren deutsche Bezeichnung wurde dem „Prometheus - LernAtlas der Anatomie“ (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005) entnommen.

Inhaltlichen Aspekten wurde gegenüber grafischen, leichter leserlichen Facetten der Vorzug gegeben.

Die Beschränkung auf Wesentliches, die auch den Mut zur Lücke und zum Weglassen beinhaltet, ermöglichte es mir, zumindest ansatzweise Antworten auf meine Fragen zu finden. Dennoch stelle ich in meiner hier vorliegenden Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 10

2 Geschichte des Core Training 12

3 Definition Core 13

4 Core Muskulatur 18

4.1 Lokale und globale Muskulatur 29

4.2 Der M. multifidus 35

4.3 Der M. transversus abdominis 35

5 Core Ability 38

5.1 Core Stability 40

5.1.1 Das passive Subsystem 43

5.1.2 Das neurale Kontrollsystem 45

5.1.3 Das aktive Subsystem 47

5.2 Core Strength 48

6 Core Stabilisationstechniken 49

6.1 Abdominal hollowing 51

6.2 Abdominal bracing 57

7 Core Training 62

7.1 Progressionen im Core Training 68

7.2 Exkurs: Crunches und Sit-Ups 71

8 Messbarkeit 76

8.1 Core Stability Test nach Liemohn et al 77

8.2 Swiss Olympic Rumpfkrafttest 80

8.3 Y Balance Test 86

8.4 Star Excursion Balance Test 90

8.5 Druck-Biofeedback Test 91

9 Effekte 93
10 Conclusio 109
11 Literaturverzeichnis 114
12 Abbildungsverzeichnis 119
13 Abkürzungsverzeichnis 120
14 Tabellenverzeichnis 122
15 Curriculum Vitae 123
16 Erklärung 124

1 Einleitung

> „Confusion exists regarding what the core musculature is, how it is evaluated, how it is trained, and how it is applied to functional performance. … The confusion runs from the specific anatomy of the core with regard to defining what it truly is, to whether particular exercises are designed to enhance core strength or core stability, to the definition of core exercise, to its separation from functional exercise, and finally to the effects of core training on performance outcomes." (Faries & Greenwood, 2007, S.10)

Trotz dieser Verwirrung um den Begriff des Core Trainings ist dieser Terminus allgegenwärtig und fester Bestandteil im Lexikon des modernen Lebens. (McNeill, 2010) „… an enormous media frenzy that advocates the ability of core training to enhance performance" (Faries & Greenwood, 2007, S.16) entsteht in den späten 1990er Jahren und hält bis heute an. Dies wird einerseits von der Fitness Industrie unterstützt, die spezielles Core Training Equipment produziert, und andererseits von diversen „Fitness Gurus" (Boyle, Cook, Gambetta, Schmidtlein, Verstegen, …), die ebenfalls ihre eigenen Produkte, Bücher und Konzepte entwickeln und dadurch das Core Training zu den Massen bringen. (Boyle, 2004 & 2010b; Cook, 2003; Gambetta, 2006; Müller-Wohlfahrt & Schmidtlein, 2007; Verstegen & Williams, 2006 & 2007)

Einigkeit unter vielen Autor/innen herrscht lediglich hinsichtlich der sehr unterschiedlichen Bedeutungen von Core Training und der schwierigen Abgrenzung zu anderen Konzepten, wie beispielsweise dem Functional Training.

Daraus ergeben sich folgende wissenschaftliche Fragestellungen:

- Was ist Core Training?
- Welche Muskelgruppen zählen zur Core Muskulatur?
- Wie kann Core Ability messbar gemacht werden?
- Hat Core Training leistungssteigernde Effekte bei Athlet/innen?

Der Wunsch, eine wissenschaftlich anerkannte und allgemein gültige Definition von Core Training aufzustellen, ist legitim, jedoch aus der Sicht eines Diplomanden nicht realistisch. Zu breit gestreut sind die unterschiedlichsten Ansichten und Konzepte verschiedenster Autor/innen um eine einheitliche Definition zu finden.

Ähnlich unterschiedlich sind die Sichtweisen bezüglich valider Testverfahren zur Messung von Core Training. Was für einige Autor/innen der Golden Standard ist, ist für andere ein Messverfahren von vielen. Folglich werden Studien mit leistungssteigernden Effekten von Core Training unterschiedlich beurteilt.

Anhand eines kritischen Literaturreviews, vor allem englischsprachiger Studien ab dem Jahr 2000, wird versucht, Antworten auf die oben angeführten Fragestellungen zu finden. Populärwissenschaftliche Literatur in Form von Büchern diverser Fitnessgurus und selbsternannte Experten/innen, die sehr oft nur einen Nachdruck der Originalliteratur darstellen, wird bewusst ausgespart. In die Literaturrecherche fließen Werke aus dem „rehabilitation sector“ ebenso ein, wie jene aus dem „athletic sector“, um auch hier diese beiden mitunter sehr unterschiedlichen Standpunkte zu beleuchten. (Hibbs et al., 2008) Nachdem diese Arbeit im Zuge eines Magisterstudiums Sportwissenschaft verfasst wird, liegt der Fokus weniger im Low Back Pain (LBP)-Therapieansatz als vielmehr beim Core Training eines gesunden Menschen.

Zu Beginn der Arbeit werden aus der Vielzahl an Ansätzen von Core, lokaler und globaler Muskulatur, Core Muskulatur eigene Definitionen gebildet, um, aufbauend auf diesen, den Begriff Core Training definieren zu können.

Eine Erläuterung des Begriffes Core Ability und die Abgrenzung der zwei wichtigsten Core Stabilisationstechniken finden sich im nächsten Teil der Arbeit.

Der folgende Abschnitt ist verschiedenen Messverfahren gewidmet, die in Studien zur Messung der Core Ability verwendet werden. Dabei werden dynamische Messsysteme aus dem athletischen Bereich ausführlicher behandelt.

Der Schlussteil beschäftigt sich mit Studien über leistungssteigernde Effekte von Core Training bei Athlet/innen. Dieser Teil der Arbeit ist nicht sehr umfangreich, da er sich ausschließlich mit Studien beschäftigt, die zuvor aufgestellte Kriterien erfüllen. Dadurch ist es möglich, aus der Vielzahl verschiedener Studien die qualitativ Besten heraus zu filtern, diese auszuwerten und fundierte Antworten bezüglich leistungssteigender Effekte betreffend Core Training zu liefern.

In der Conclusio werden abschließend sämtliche Forschungsfragen noch einmal aufgegriffen. Es wird versucht, diese zu beantworten und Schlussfolgerungen zu skizzieren.

2 Geschichte des Core Training

In den 1950er und 1960er Jahren werden die ersten Krafttrainingsmaschinen von Universal gebaut, ehe in den 1970er und 1980er Jahren auch andere Firmen, wie beispielsweise Nautilus, ihre eigenen Geräte auf den Markt bringen. Die einfache, und vor allem relativ sichere Handhabung der Maschinen verhilft diesen Maschinen und dem damit verbundenen konventionellen Krafttraining zu enormer Popularität. Der vorgegebene beschränkte ROM (range of motion) und die Übernahme von Stabilisierungsaufgaben durch die Maschine minimieren die Notwendigkeit der funktionellen Stabilisation für den Trainierenden/die Trainierende, was zu dieser Zeit nicht als Nachteil empfunden wird, da „… physical education classes were primarily based on gymnastics training, which emphasized the core musculature.“ (Behm et al., 2010, S.93)

In den späten 1990er Jahren kommt es zu einer Trendwende. Der Einsatz von freien Gewichten wird propagiert, da durch eine größere Übungsvielfalt in allen drei Ebenen ein besserer Trainingsfortschritt versprochen wird. 1989 erscheint am San Francisco Spine Institute das Manual „Dynamic lumbar stabilization program“, das erstmals das Thema der Rumpfstabilisation aufgreift. Das 1999 von Richardson et al. erschienene Buch „Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain” liefert mit dem „motor control“ Ansatz die Basis für den Core Stability Ansatz. „This was a landmark work in 1999, and the research formed the basis for the original core revolution.” (Boyle, 2010a, S.86) Richardson et al. bestätigen in ihrem Werk und in weiteren Studien, dass es zu Veränderungen in der motorischen Kontrolle bei Menschen mit Schmerzen oder Verletzungen im Bereich des unteren Rückens kommt. (Lederman, 2010, S.84)

Von nun an vermischen sich die Rollen von Physiotherapeut/innen, Personal Trainer/innen und Strength and Conditioning Coaches. Eigene Seminare, Workshops und speziell entwickeltes Core Stability Equipment zu dem Thema werden für die oben genannte Zielgruppe angeboten. Übungen und Konzepte, die einst nur bei Menschen mit Rückenschmerzen in der Therapie ihre Anwendung gefunden haben, werden heute sowohl von gesunden Menschen als auch von Spitzensportler/innen durchgeführt. Der Kreativität sind dabei keine Grenzen gesetzt. So werden instabile Untergründe, Bälle in verschiedenen Größen, Matten, Rollen, Schlingen, und Taue etc. eingesetzt. (Willardson, 2007a, S.979)

Mark Verstegen, amerikanischer Fitnessexperte, Gründer und Inhaber des „Athletes´ Performance“ in Phoenix, wird 2004 einer breiten Öffentlichkeit in Deutschland bekannt, als er vom damaligen Fußball-Bundestrainer Jürgen Klinsmann als Fitnesstrainer der deutschen Fußball Nationalmannschaft angestellt wird. Verstegen soll mit seiner Erfahrung und seinem Wissen einen wesentlichen Beitrag zu einer besseren körperlichen Fitness der deutschen Fußballspieler für die zwei Jahre später stattfindende Fußball-Weltmeisterschaft in Deutschland leisten. (Kramer, 2006)

Das starke Abschneiden der deutschen Mannschaft, die mediale Präsenz der „Gummitwist Bänder-Übungen“ (Kramer, 2006) der Fußballer und schlussendlich die Veröffentlichung seines Buches „Core Performance. Das revolutionäre Workout Programm für Körper und Geist“ 2007, gemeinsam mit seinem Partner Pete Williams, verhelfen dem Core Training zum Durchbruch im deutschsprachigen Raum.

3 Definition Core

> „Bewegung beginnt … im tiefsten Inneren unseres Körpers, dem Core Bereich unseres Oberkörpers. … Deshalb sprechen wir vom Oberkörper auch als von der Säule – sie ist das strukturelle Zentrum der Bewegung und des Lebens. … Die Kraft der Säule ist dementsprechend das Fundament der Bewegung. … Wenn Sie sich vorstellen, dass der Körper ein Rad ist, dann wäre die Säule die Nabe, und die Glieder wären die Speichen. … Wir möchten, dass die Nabe perfekt ausgerichtet ist, sodass wir Energie aus ihr gewinnen und erfolgreich durch den ganzen Körper leiten können. … Je besser Sie die Energie durch Ihren Körper leiten können, umso effizienter können Sie sich bewegen und umso weniger Abnutzung wird es geben.“ (Verstegen & Williams, 2007, S.53f)

Diese Definition von Verstegen und Williams beschreibt den Core in seiner Funktion des optimalen Energietransfers als Teil der kinetischen Kette von distal nach proximal und vice versa. (Abt et al., 2007; Behm et al., 2010)

Der Core als Bindeglied zwischen oberen und unteren Extremitäten ist Teil der Kette, die durch den ganzen Körper verläuft. Diese Kette ist unterteilt in knöchrige Segmente, die über myofasziale Meridiane und Gelenke miteinander verbunden sind. Das muskuläre System erzeugt die Kraft, um diese Segmente zu bewegen oder zu stabilisieren. Während

Bewegungen, vor allem sportlicher Bewegungen, schafft der Core die Basis zur optimalen Aufhängung der oberen und unteren Extremitäten. Diese stabile Basis ermöglicht einen effizienten Transfer von Beschleunigungs- und Abbremskräften zwischen distalen und proximalen Körpersegmenten. Beispielhaft kann hier der Pitcher im Baseballspiel genannt werden, der mit einer stark ausgeprägten Core Stability die Kräfte optimal vom Boden, über die unteren Extremitäten, durch den Rumpf bis hin zum Wurfarm übertragen kann. (Myers, 2004; Willardson, 2007a)

„A well-developed core allows for improved force output, increased neuromuscular efficiency, and decreased incidence of overuse injuries. … By strengthening the core, one enhances the ability to better utilize the musculature of upper and lower body to perform a task." Hedrick (2000, S.50f) dokumentiert mit dieser Aussage die Vorteile eines gut entwickelten Core, und unterstreicht das dadurch bessere Zusammenwirken der Extremitäten. „Further, a strong trunk is critical because force is transferred most efficiently through the body in a straight line." (Hedrick, 2000, S.51) Ist dies nicht der Fall, bewahrheitet sich das Sprichwort: „Eine Kette ist nur so stark, wie ihr schwächstes Glied." Für viele Menschen, meint Hedrick, ist der Core das schwächste Glied in dieser Kette.

„Core is never a power generator as measuring the great athletes always shows that the power is generated in the hips and transmitted the stiffened core." (McGill, 2010, S.44) Der Core produziert in dem Sinn keine Energie, er leitet sie durch den Körper. Je effizienter dieser Energiefluss ist, umso effektiver wird die gewünschte Bewegung ausfallen.

Die Aussage von McGill steht im Widerspruch zu jener von Verstegen & Williams (2007) und Abt et al. (2007). Diese beiden Autorengruppen sind der Überzeugung, dass jegliche Bewegung ihren Ursprung in der Körpermitte hat. „… the core provides the foundation from which force is generated." (Abt et al., 2007, S.1300). Vielmehr fungiert der Core für McGill im Verhindern anstatt Initiieren von Bewegungen, um dadurch die Wirbelsäule vor einwirkenden Kräften und Drehmomenten zu schützen. Die Aufgabe des Core und der Core Muskulatur ist es, die sich bewegenden Extremitäten zu kontrollieren. Der Hauptfokus der Therapeut/innen und Trainer/innen ist auf das „Power Training" der Hüftmuskulatur und nicht auf den Core zu richten, denn Power Training ist gewöhnlich sehr riskant für die Wirbelsäule. Und dennoch, „The core makes the rest of the body more capable!" (McGill, 2010, S.33)

Ursprünglich wird in den Werken von Richardson et al. (1999) der lumbale Bereich der Wirbelsäule mit den umschließenden Bauch- und Rückenmuskeln behandelt. Im Laufe der Zeit, mit zunehmender Popularität des Core Trainings, und damit verbunden den ständig neu erscheinenden und erweiterten Core Konzepten, wird auch der Begriff des Core ausgedehnt. Gründe für diese Ausdehnung des Core Konzeptes sind nach Ansicht des Autors, neben der stetigen Weiterentwicklung des Wissenstandes in der Forschung, vor allem wirtschaftlicher Natur. Dies soll am Beispiel Verstegen und Boyle erläutert werden.

2004 schreibt Mark Verstegen sein erstes Buch zum Thema „Core Performance“, welches fünf Jahre später ins Deutsche übersetzt wird. In seinem Athletes´ Performance Zentrum trainieren Athlet/innen nach seinem Konzept der Core Performance. Nach demselben Programm und sehr medienwirksam trainiert zur gleichen Zeit die deutsche Fußball Nationalmannschaft. Im Internet vertreibt Mark Verstegen exklusives Core Equipment, vor allem über die große amerikanische Plattform „Perform better – the experts in functional training and rehabilitation“. (www.performbetter.com) Der Begriff Core Performance war damit unwiderruflich mit seinem Namen verbunden.

Michale Boyle, ein sehr erfahrener und mittlerweile sehr bekannter Strength and Conditioning Coach, gründet 1996 mit einem Partner „MBSC - Michael Boyle Strenght & Conditioning“. Ebenfalls im Jahre 2004 verfasst er ein Buch, in dem er sein Trainingskonzept vorstellt, welches seit Jahren sehr erfolgreich bei seinen Athlet/innen angewendet wird. Da Core Performance als Konzept zum damaligen Zeitpunkt bereits vergeben ist, nennt Boyle sein Konzept „Functional Training“. Das Functional Trainingskonzept wird sehr stark von Perform better und Boyle´s Homepages www.bodybyboyle.com und www.strengthcoach.com getragen.

Bei Durchsicht der Bücher von Boyle und Verstegen finden sich teilweise ähnliche Übungen. Einige Unterschiede gibt es dennoch: die Veröffentlichungen von Boyle erscheinen wissenschaftlich fundierter, da sie sich beispielsweise auf Forschungsergebnisse von Richardson und McGill beziehen; die Übungen involvieren mehrere Muskelschlingen und beinhalten Komponenten von Sprung- und Explosivkraft; und – der wohl entscheidenste Unterschied – die Trainingskonzepte tragen unterschiedliche Namen, die selten bis kaum vom jeweils anderen Autor genannt werden –

Core Performance und Functional Training. So schreibt Boyle in seinem Buch, der Originalfassung in englischer Sprache, immer von „torso training“, und von „Rumpfkrafttraining“ in der deutschen Übersetzung des Buches. Der Begriff „Core” scheint in seinen Büchern nicht zu existieren.

„What is referred to as the core varies between studies, with many studies including upper and lower sections of the body including the shoulders, trunk, hips and upper leg.” (Hibbs et al., 2008, S.996) Akuthota und Nadler (2004) beschreiben den Core als Box mit der Bauchmuskulatur an der Vorderseite, der paraspinalen und Glutealmuskulatur (hüftextendierende Muskulatur) an der Rückseite, dem Diaphragma an der Oberseite und der Beckenboden- und Hüftmuskulatur an der Unterseite. Kibler, Press und Sciascia (2006, S.189) definieren den Core als muskuloskelettalen Teil des Körpers, der „… spine, hips and pelvis, proximal lower limb and abdominal structures“ beinhaltet. Jakubek bezeichnet den Teil des Körpers, der den Körperschwerpunkt umgibt als Core. (Jakubek, 2007)

Für Behm et al. (2010, S.102) besteht der Core aus dem „axial skeleton“ (Schädel, Brustkorb, Wirbelsäule, Becken- und Schultergürtel) und „… all soft tissues with a proximal attachment originating on the axial skeleton, regardless whether the soft tissue terminates on the axial or appendicular skeleton.” Behm et al. grenzen den Begriff „core“ gegenüber jenem des „trunk“ deutlich ab, was in sehr vielen anderen Arbeiten nicht passiert. „The ribcage and vertebral column are collectively referred to as the trunk.” (Behm et al., 2010, S.93)

Mit dieser Abgrenzung nähern sich die Autoren wieder jener der australischen Autor/innengruppe, rund um Hides, Hodges, Jull und Richardson an, welche in deren Untersuchungen rund um „motor control“ und LBP Ende des 20.Jahrhunderts die Thematik Core Training erstmals aufbringen. Interessanterweise findet man in den Werken der australischen Autor/innengruppe, damals wie heute, nicht den Begriff Core. Nach wie vor forschen diese Autor/innen an LBP-Patient/innen zu den Themen motorische Kontrolle für den Lenden-Becken-Bereich; Aktivierungsmuster der paraspinalen und abdominalen Muskulatur mit Schwerpunkt M. transversus abdominis und M. multifidus sowie an Therapieansätzen zur segmentalen Stabilisation. Diese Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit dem „trunk“, und nicht dem „core“. Dennoch gelten diese australischen Autor/innen als eine der wichtigsten Mitbegründer/innen, wenn nicht überhaupt als die

Begründer/innen des Core Trainings. (Richardson et al., 1999; Richardson, Hodges & Hides, 2009)

Im Versuch, einen ersten anatomischen Ansatz einer Definition von Core zu finden, stellt der Autor in Anlehnung an die oben genannten Beiträge folgende Überlegungen an: Die australische Autor/innengruppe unterstreicht in ihren Forschungen die Bedeutung der lumbalen Wirbelsäulenstabilität. Aus diesem ursprünglichen Konzept zur Stabilisation der Lendenwirbelsäule (LWS) entwickelt sich fortan das Konzept des Core Trainings. Dieses wird um Muskelgruppen und passive Strukturen ständig erweitert, sodass heute neben der LWS auch der Schädel, Brustkorb, Becken- und Schultergürtel sowie daran ansetzende Muskeln genannt werden.

Eine Gemeinsamkeit in sehr vielen Definitionen ist jene des optimalen Energietransfers von Kräften, die über die Extremitäten auf den Core einwirken, und durch diesen möglichst effizient geleitet werden sollen, um die Bewegungsökonomie zu erhöhen, Abnützung in den Gelenken zu vermeiden und die Wirbelsäule zu schützen. Dies setzt eine gut entwickelte Körpermitte voraus, welche ideale Ansatzpunkte für die Extremitäten liefern kann. (Abt et al., 2007; Behm et al., 2010; Borghuis, Hof & Lemmink, 2008; Boyle, 2010a & 2010b; Gamble, 2007; Hedrick, 2000; Jakubek, 2007; Kibler, Press & Sciascia, 2006; McGill, 2010; Nadler, 2002; Verstegen & Williams, 2007; Willardson, 2007a)

Daraus ergibt sich folgende erste Definition von Core:

Der Core besteht aus dem axialen Skelett (Schädel, Wirbelsäule, Brustkorb, Schulter- und Beckengürtel). Die wichtigsten Aufgaben des Core sind die Stabilisation der Wirbelsäule und die optimale Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften.

Der Brustkorb wird bei vielen Autor/innen erst gar nicht erwähnt. Hier wird der Brustkorb bewusst in die Definition mit eingeschlossen, da der Brustkorb als Aufhänger für das Diaphragma dient und bei Core Stabilisationstechniken von großer Bedeutung ist. (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Die Erweiterung der Definition durch Bestimmung der Core Muskeln erfolgt im nächsten Kapitel.

4 Core Muskulatur

> „I certainly do not believe that any one muscle is any more important than another in the so-called `core´. All muscles are created equal, but this does not mean we are not allowed to shine a spotlight on a single cog in the clockworks to discuss its role. All the cogs in a clockwork mechanism need to work together to show the passing of time." (McNeill, 2010, S.81)

Bei der Auseinandersetzung mit der Core Muskulatur gibt es, ähnlich wie bei der Definition von Core, sehr unterschiedliche Sichtweisen, und vor allem eine Diskussion, ob denn einzelne Muskeln wichtiger sind als andere. Diese Diskussion entzweit die Fachwelt in die Anhängerschaft der australischen und der kanadischen Schule. (McNeill, 2010)

Die australischen Autor/innen rund um Richardson definieren in ihren Werken explizit keine Core Muskulatur. Vielmehr beschäftigen sie sich schwerpunktmäßig mit den Mm. transversus abdominis, multifidus und im geringen Ausmaß mit dem M. quadratus lumborum. Fokus ihrer Forschungen, und demnach Inhalt ihrer Lehre in der Therapie von LBP-Patient/innen, ist die richtige Aktivierung des M. transversus abdominis und M. multifidus. In ihrem Buch „Segmentale Stabilisation im LWS- und Beckenbereich" schreiben sie auf S.61: „Die Muskeln der Lendenregion, die zum lokalen Stabilisationssystem der Wirbelsäule gehören, sind:

- Intersegmentale Muskeln: Mm. intertransversarii, Mm. interspinales
- Lumbale Muskeln: lumbale Mm. multifidi, M. longissimus thoracis pars lumborum, M. iliocostalis lumborum pars lumborum
- M. quadratus lumborum (mediale Fasern)."

Der anterolateralen Bauchdecke und Bauchhöhle ordnen sie folgende Muskeln zu: M. transversus abdominis, Mm. obliquus internus & externus abdominis, M. rectus abdominis, Diaphragma, Beckenbodenmuskulatur, M. psoas major, M. quadratus lumborum. (Richardson, Hodges & Hides, 2009)

Stuart McGill, ebenfalls Experte im Bereich LBP ist der alleinige Vertreter der kanadischen Schule. (McNeill, 2010) Für ihn gibt es diesen einen Muskel zum Erfolg in der Behandlung von lumbalen Rückenschmerzen nicht. Es sind mehrere, die er auch als Core Muskeln in seinen Werken deklariert: „… muscles of the abdominal wall, the back extensors and quadratus lumborum. Also included are the multijoint muscles, namely,

latissimus dorsi and psoas that pass through the core, linking it to the pelvis, legs, shoulders and arms. … gluteal muscles …" (McGill, 2010, S.33) In den letzen Jahren unterstrich McGill vermehrt die Glutealmuskeln (hüftextendierende und -abduzierende Muskulatur; „hip muscles" und „hip rotators") als „essential components", dem einige andere Autoren/innen folgen. (Gamble, 2007; McGill, 2009; Nadler et al., 2002)

Der Großteil der (sportlichen) Bewegungen erfolgt dynamisch in einer aufrechten Körperposition, wobei der/die Sportler/in, mit Ausnahme der kurzen Flugphasen ständig mindestens einen Bodenkontakt verzeichnet. Während einer Schwungphase hat die hüftabduzierende und -extendierende Muskulatur das Becken zu stabilisieren und gleichzeitig auf der kontralateralen Seite das Schwungbein in seiner Vorwärtsbewegung zu unterstützen. Die Glutealmuskulatur (hüftextendierende und -abduzierende Muskulatur) hat eine entscheidende Rolle in einer effizienten Übertragung der Kräfte vom Boden nach oben (proximal). Eine instabile Position des Beckens führt zu einer Veränderung der Mechanik in der kinetischen Kette. Andere Hebelverhältnisse, Drehmomente und Kräfte entstehen – Energieverlust und Leistungsverminderung aufgrund der „energy leaks" sind die Folge. (Boyle, 2010a)

Neben dieser rein biomechanischen Veränderung kommt es zu einer Veränderung der motorischen Kontrolle. Mit einem neuen Bewegungsmuster und einer zusätzlichen Kraftanstrengung wird der/die Athlet/in versuchen, den Leistungsverlust zu kompensieren. Im Falle des/der Athleten/Athletin scheint der Leistungsverlust quantitativ auf, und die Suche nach möglichen Ursachen beginnt. Im Falle eines/einer Nicht-Athleten/Nicht-Athletin wird der Leistungsverlust sehr oft quantitativ überhaupt nicht gemessen, und die ineffiziente Kraftübertragung in der kinetischen Kette erst später in Form von Verletzungen und Überbeanspruchungen sichtbar. (Boyle, 2010a; McGill, 2009; Oliver et al., 2010)

„Lumbopelvic stability issues can affect all lower-extremity joints by disrupting the integrated function of the kinetic chain of joints between the planted foot and the lumbar spine, where forces are transmitted upward." (Gamble, 2007, S. 59) Diese „lower limb injuries" (Verletzungen der Knie- und Sprunggelenke, wie beispielsweise Rupturen des vorderen Kreuzbandes oder chronische Instabilitäten in den Sprunggelenken) zeigen bei weiblichen Athleten eine höhere Inzidenz als bei männlichen Athleten. (Leetun et al.,

2004; Nadler et al., 2002) Messwerte von Tests zur isometrischen Kraft von hüftabduzierender und -außenrotierender Muskulatur sind signifikante Prädiktoren für nachfolgende Verletzungen der unteren Extremitäten. (Leetun et al., 2004) Studienergebnisse von Nadler et al. (2002) zeigen, dass „right hand dominat athletes“ mehr Kraft in der hüftextendierenden Muskulatur des kontralateralen Beines aufweisen, da dieses Bein einmal als „supporting leg“, wie beispielsweise beim „kicking“, und das andere Mal bei Sprungbewegungen als „jumping leg“ dienen kann. (Gamble, 2007)

Nadler et al. fassen die Ergebnisse von Studien zusammen, und unterstreichen die wichtige Rolle der hüftextendierenden und -abduzierenden Muskulatur bei gehenden und laufenden Tätigkeiten durch eine synergistisches Arbeitsweise zur Beckenstabilisation. Sie schreiben den „hip extensors“ und „abductors“ des linken Beines die Aufgaben „stance and posture“ und jenen des rechten Beines eine „more coordinated function such as kicking“ zu. (Nadler et al., 2002, S.15)

Leetun et al. (2004) stellen in ihren Untersuchungen fest, dass die „hip rotators“ oft im Training übersehen werden, obwohl sie „the single best predictor“ von LBP und „lower limb injury incidence“ bei Athlet/innen sind. Steife oder schwache „hip rotators“ prädisponieren eine schlechte Beckenausrichtung und eine vermehrte Bewegung in der LWS-region. “Impaired function of hip extensors and hip abductors is observed in athletes suffering LBP. Correction of hip abductor strength imbalances via core strengthening program shows the potential to reduce subsequent LBP incidence.“ (Gamble, 2007, S.61)

Jakubek bezeichnet die Muskulatur, die den Körperschwerpunkt umgibt, als Core Muskulatur, und zählt folgende Muskeln hinzu: „abdominals, back extensors, lateral flexors, rotators, hip flexors, hip extensors, hip abductors, hip adductors“. Wirken diese Muskeln zusammen, ermöglichen diese „… improved agility and quickness“. (Jakubek, 2007, S.59)

Oliver et al. (2010) listen in ihrer Studie keine Core Muskeln auf, jedoch merken sie an, dass der „lumbopelvic hip complex“ aus mehr als 29 Paar Muskeln besteht, die alle zusammen arbeiten, um die Wirbelsäule und das Becken zu stabilisieren.

Boyle nennt folgende Muskeln als den „Rumpfmuskeln“ zugehörig: Bauchmuskulatur (Mm. rectus abdominis, transversus abdominis, obliquus internus und externus abdominis), Rückenmuskulatur (Mm. multifidus, quadratus lumborum, erector spinae), Teile der

Streckerkette wie Gesäßmuskulatur, hintere Oberschenkelmuskulatur und Hüftrotatoren. Dabei sollte der Rückenstrecker immer in Verbindung mit der Gesäß- und hinteren Oberschenkelmuskulatur trainiert werden. Wenn alle diese Muskeln, die den Ober- und Unterkörper miteinander verbinden und für Stabilität sorgen, trainiert werden, ist dies ein wesentlicher Beitrag zur Verletzungsprophylaxe. (Boyle, 2010b)

Deutlich mehr Core Muskeln finden Allen et al.: „abdominals“ (Mm. rectus abdominis, transversus abdominis, obliquus internus und externus abdominis), „hip musculature“ (Mm. iliopsoas, rectus femoris, sartorius, tensor fasciae latae, pectineus, gluteus maximus, gluteus medius, gluteus minimus, semitendinosus, semimembranosus, biceps femoris, adductor brevis, adductor longus, adductor magnus, gemellus superior, gemellus inferior, obturator internus, obturator externus, quadratus femoris, piriformis), „spinal musculature” (Mm. erector spinae, quadratus lumborum, trapezius, psoas major, multifidus, iliocostalis lumborum, iliocostalis thoracis, latissimus dorsi, serratus anterior und paraspinale Muskulatur). Allen et al. gehören zu den wenigen Autor/innen, die explizit alle Core Muskeln auflisten. (Allen et al., Abs. 2)

Hedrick gliedert die Core Muskulatur ähnlich wie oben genannte Autor/innengruppe rund um Allen: „abdominal muscles” (Mm. rectus abdominis, transversus abdominis, obliquus internus und externus abdominis), „hip musculature” (Mm. psoas, gluteus maximus, gluteus medius und Adduktorengruppe), „lumbar spine musculature“ (Mm. multifidus, interspinales, intertransversarii, rotatores, quadratus lumborum, medialer und lateraler Trakt erector spinae), „thoracic spine musculature“ (Mm. trapezius mittlerer und unterer Anteil, rhomboidei, serratus anterior, serratus posterior und transverospinales System), „cervical spine musculature“ (Mm. scaleni, sternocleidomastoideus, longus coli, longus capitis, paraspinale Muskulatur). (Hedrick, 2000, S.50)

Trotz unterschiedlichster Aufzählungen von Core Muskeln, gibt es einige Gemeinsamkeiten.

Der Großteil der Autor/innen unterteilt die Core Muskulatur in folgende Abschnitte:

- abdominal musculature (Bauchwandmuskulatur)
- hip musculature (Hüftmuskulatur)
- spinal musculature (Rückenmuskulatur)

Einigkeit herrscht bei der abdominalen Muskulatur. Alle Autor/innen führen hier sämtliche Bauchwandmuskeln an (Mm. rectus abdominis, transversus abdominis, obliquus internus abdominis und obliquus externus abdominis), und zählen diese somit zur Core Muskulatur. Die unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Bauchmuskeln in der Literatur wird im Kapitel „Core Stabilisationstechniken“ näher behandelt.

Was heute die Diskussionen zur hüftextendierenden und -abduzierenden Muskulatur sind, waren vor einigen Jahrzehnten die Diskussionen zum M. iliopsoas (M. psoas und M. iliacus). Das in den späten 1970er Jahren von Janda entwickelte Modell der muskulären Dysbalancen gibt diesem Muskel das Profil „zu kräftig“ und deshalb verkürzt zu sein. (Janda, 1978; zit. nach Richardson, Hodges & Hides, 2009) Der M. iliopsoas wurde fortan als „schlechter Muskel“ gesehen, der für Rückenschmerzen verantwortlich gemacht wird. Aufgrund seiner Zugrichtung würde er die LWS ventralisieren, was zu einer erhöhten Schubbelastung und zu einer Hohlkreuzverstärkung führen würde. Aus rein biomechanischen Gesichtspunkten ist unter Zuhilfenahme der räumlichen Zugrichtung des M. psoas erkennbar, dass dieser die LWS weder nennenswert ventralisieren kann, da die Muskelzüge fast senkrecht nach unten verlaufen, noch kann dieser die LWS flektieren, da der M. psoas genau auf Höhe der Flexionsdrehachse ansetzt. Als notorisch verkürzt sollte er keinesfalls gekräftigt, sondern kontinuierlich gedehnt werden. (Gottlob, 2007)

Gemäß Gottlob (2007) hängt eine Muskelverkürzung ausschließlich mit dem Gebrauch im Alltag zusammen und hat nichts mit der Kraftfähigkeit als solches zu tun. Ein kräftiger M. iliopsoas wirkt jedoch äußerst stabilisierend und entlastend auf die Wirbelsäule, das Becken und die Iliosakralgelenke. Als ventraler Stabilisierungspfeiler leitet er hohe axiale Hüftkräfte, die vor allem beim Laufen entstehen, günstig auf die LWS ab. (Gottlob, 2007)

Diese wichtige Stabilisierungsfunktion kann ventral nur der M. iliopsoas leisten, und die Nennung bei einigen Autor/innen dokumentieren die Zugehörigkeit dieses Muskels zur Core Muskulatur. (Allen et al., 2002; Hedrick, 2000; Jakubek, 2007)

Die in den letzten Jahren erkannte, und bereits weiter oben behandelte, Bedeutsamkeit der Hüftmuskulatur führt zu interessanten Diskussionen in der Fachwelt.

> „The glutei are stabilizers of the trunk over the planted leg and provide power for forward leg movements. The hip musculature plays a significant role within the

> kinetic chain, particularly for all ambulatory activities, in stabilization of the trunk and pelvis and in transferring force from the lower extremities to the pelvis and spine. Although some authors include the glutei as part of the core, being an integral part of core functioning, in the present article these muscles are seen as connections between the core and the lower extremities. Kibler et al. stated that the glutei, as major stabilizing muscles for the extremities, attach to the core, implying that they do not constitute part of the core." (Hedrick, 2000, S.51)

Ein ähnliches Zitat findet sich in einem Review bei Borghuis, Hof und Lemmink (2008, S.894):

> „Although the hip musculature is found to be very important in connecting the core to the lower extremities and in transferring forces from and to the core, it is proposed to leave the hip musculature out of consideration when talking about the concept of core stability."

Dr. Yessis, emeritierter amerikanischer Universitätsprofessor und Experte für „explosive speed and quickness", teilt den Inhalt der beiden oben genannten Zitate, und meint: „They should be correctly called postural muscles." (Yessis, 2009, Abs. 3)

Trotz der letztgenannten Zitate entscheidet sich der Autor für die Inklusion der „hip musculature". Hauptaufgaben des Core sind, wie bereits im Kapitel „Definition Core" herausgearbeitet, die Stabilität der Wirbelsäule und eine effiziente Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften. Dies ist nur bei einer physiologisch korrekten Stellung des Beckens möglich, die in erster Linie durch die synergistisch arbeitende hüftextendierende und -abduzierende Muskulatur und eine starke muskuläre Verspannung der Fascia thoracolumbalis gewährleistet wird. (Gottlob, 2007; Myers, 2004; McGill 2009 & 2010)

„Die aus zugfestem Bindegewebe bestehende Fascia thoracolumbalis (Lenden-Rückenbinde) nimmt eine Schlüsselrolle in der dynamischen Stabilisierung der Wirbelsäule ein." (Gottlob, 2007, S.203) Ferner enthält die Faszie Ruffini- und Vater-Pacini-Körperchen, die ihr eine wichtige propriozeptive Rolle zukommen lassen. Die Faszie überspannt die gesamte Lenden- und Brustwirbelsäule und setzt sich im Hals/Nackenbereich in der Fascia nuchae fort. Nach unten hin ist die aus drei unterschiedlich tief liegenden Schichten bestehende Fascia thoracolumbalis mit dem Beckenkamm und dem Os sacrum, und medial hin jeweils mit den Dorn- bzw. mit den Querfortsätzen der Wirbel verbunden. Erst muskuläre Verspannungsmechanismen

entfalten die raumlagenunabhängige, wirbelsäulenentlastende Funktion. (Gamble, 2007; Richardson, Hodges & Hides, 2009)

„The thoracolumbar fascia is an important structure that connects the lower limbs (via gluteus maximus) to the upper limbs (via the latissimus dorsi). This allows the core to be included in integrated kinetic chain activities such as throwing." (Kibler, Press & Sciascia, 2006, S.191)

Hierfür wird sie in drei Hauptrichtungen aktiv aufgespannt.

- Diagonale Vertauung: über den M. latissimus dorsi, sowie im Kreuz-/Hüftbeinbereich über Fasern des M. gluteus maximus
- Vertikale Vertauung: über den M. erector spinae
- Horizontale Vertauung: über die Mm. transversus abdominis und obliquus internus abdominis

(Gottlob, 2007; Myers, 2004)

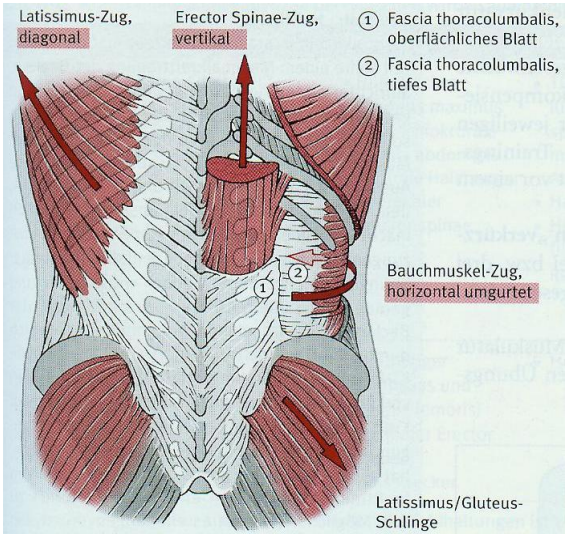

Abb. 1: Muskuläre Verspannung der Fascia thoracolumbalis (Gottlob, 2007, S.205)

Nur diese dreifache muskuläre Verspannung ermöglicht eine physiologische Ausrichtung des Beckens und optimale Stabilisation der Wirbelsäule. Folglich darf nicht nur die hüftextendierende Muskulatur, sondern muss auch aufgrund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse die hüftabduzierende Muskulatur als Teil der Core Muskulatur gesehen werden.

„Most of the prime mover muscles for the distal segments (latissimus dorsi, pectoralis major, hamstrings, quadriceps and iliopsoas) attach to the core via the pelvis and spine." (Hedrick, 2000, S.51)

Die Adduktorengruppe (Mm. adductor brevis, longus und magnus), die ischiokrurale Muskulatur (Mm. biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus) sowie der M. quadriceps femoris werden in dieser Arbeit trotz ihrer aller Ursprung am Becken und der damit verbundenen direkten Zugwirkung auf dieses nicht zu den Core Muskeln gezählt.

Die ischiokrurale Muskulatur wirkt in ihrer Funktion unter anderem hüftextendierend. Hauptextensor im Hüftgelenk ist der M. gluteus maximus. Nur bei einer starken Abschwächung des M. gluteus maximus und einem dadurch falsch verbundenen Bewegungsmuster agiert die ischiokrurale Muskulatur als primärer Hüftextensor. (McGill 2009; Richardson, Hodges & Hides, 2009; Boyle, 2004) Im Normalfall ist daher der Beitrag dieser Muskulatur zur aktiven Stabilisierung des Beckens und der Wirbelsäule als eher gering anzusehen. (Myers, 2004)

Die Zugkraft der ischiokruralen Muskulatur auf das Becken darf nicht vernachlässigt werden, genauso wenig wie jene des M. quadriceps femoris. Der M. quadriceps femoris ist in seiner Funktion primär ein Extensor im Kniegelenk und sekundär ein Flexor im Hüftgelenk. Als „prime mover muscle for the distal segments" trägt auch er wenig zur direkten Stabilisation des Beckens und der Wirbelsäule bei. Selbiges gilt für die Adduktorengruppe. (Boyle, 2010a; Cook, 2003; Sahrmann, 2002; Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Behm et al. behandeln die letztgenannten Muskelgruppen (Adduktorengruppe, ischiokrurale Muskulatur, M. quadriceps femoris) in ihrem Review, ordnen sie aber ebenfalls nicht der Core Muskulatur zu.

> „Other core muscles might be considered to be axial appendicular transfer muscles that connect the trunk (i.e., axial skeleton) to the upper and lower extremities (i.e., appendicular skeleton) via the pelvic girdle and shoulder girdle, respectively. These muscles function in transferring torques and angular momentum during the performance of integrated kinetic chain activities, such as throwing or kicking." (Behm et al., 2010, S.94)

Die Autoren fügen hinzu „The core muscles with the largest moment arms, and thus most capable of stabilizing the vertebral column, include the erector spinae, quadratus lumborum, and the rectus abdominis." (Behm et al., 2010, S.94) und beziehen sich dabei auf Werke von Bogduk et al., 1992; McGill, 1996 und Santaguida und McGill, 1995.

Was den Bereich der Rückenmuskulatur betrifft, so gibt es hier ein interessantes Detail zu erwähnen. Die Fachwelt ist sich einig, dass die Rückenmuskeln, allen voran der M. multifidus, M. quadratus lumborum und M. erector spinae zur Core Muskulatur zu zählen sind. (Behm et al., 2010; Boyle, 2004; Cook, 2003; Faries & Greenwood, 2007; Gottlob, 2007; Hedrick, 2000; Hibbs et al., 2008; McGill, 2009 & 2010; Willardson, 2007a) Weniger Beachtung finden die Schulterblattfixatoren (Mm. trapezius, levator scapulae, rhomboidei, serratus anterior, pectoralis minor). Auf diese und deren Bedeutung für die Kraftübertragung in der kinetischen Kette distal einwirkender Kräfte, was als eine der Hauptaufgaben des Core angesehen wird, wird nur wenig eingegangen.

> „Most of the major stabilizing muscles for the extremities (upper and lower trapezius, hip rotators and glutei) also attach to the core. Because of the difficulty in directly assessing these muscles, they are often neglected or ignored with respect to musculoskeletal rehabilitation."(Hedrick, 2000, S.51)

„The correct length, strength, and pattern of participation of the muscles attaching to the thorax and to the scapula are important." (Sahrmann, 2002, S.206) Diese „thorascapular muscles" sind „major stabilizing muscles for the extremities" und schaffen somit die Voraussetzung für eine physiologische Anordnung des Schultergürtels am Rumpf. Erst dadurch ist eine optimale Kraftübertragung der oberen Extremitäten durch den Core möglich. Möglicherweise unterstreichen zukünftige Forschungsergebnisse, ähnlich wie vor einigen Jahren bei der hüftextendierenden und –abduzierenden Muskulatur, die Bedeutung der Schulterblattfixatoren im Core Training. Wobei hier anzumerken ist, dass diese Muskeln geringeren distal einwirkenden Kräften ausgesetzt sind, ausgenommen bei Schlag- und Wurfsportarten.

Der Vollständigkeit halber werden das Diaphragma und die Beckenbodenmuskulatur (Mm. levator ani, transversus perinei profundus und superficialis, sphincter ani externus,

sphincter urethrae externus, bulbopongiosus, ischiocavernosus), die den Core nach oben und unten hin abschließen, angeführt. (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Die im Kapitel „Definition Core“ aufgestellte erste Definition kann um jene der Core Muskulatur erweitert werden.

Der Core besteht aus dem axialen Skelett (Schädel, Wirbelsäule, Brustkorb, Schulter- und Beckengürtel) und der Core Muskulatur (autochtone Rückenmuskulatur, Bauchwandmuskulatur, Beckenbodenmuskulatur, Diaphragma, Rumpf-Armmuskulatur, Schultergürtelmuskulatur).

Die wichtigsten Aufgaben des Core sind die Stabilisation der Wirbelsäule und die optimale Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften.

Die Core Muskulatur besteht aus:

- Autochtoner Rückenmuskulatur (M. erector spinae):
    - Lateraler & medialer Trakt
- Bauchwandmuskulatur:
    - Vordere (gerade), hintere (tiefe) & seitliche (schräge) Bauchmuskeln
- Beckenbodenmuskulatur:
    - Diaphragma pelvis
    - Diaphragma urogenitale
    - Schließ- & Schwellkörpermuskeln des Urogenital- & Darmtraktes
- Diaphragma (Zwerchfell):
    - Pars costalis, lumbalis & sternalis
- Rumpf-Armmuskulatur
- Schultergürtelmuskulatur

Tab. 1: Übersicht Core Muskulatur

Autochtone Rückenmuskulatur:

Lateraler Trakt:

- Sakrospinales System:
  - M. iliocostalis
  - M. longissimus
- Spinotransversales System:
  - M. splenius
- Intertransversales System:
  - Mm. intertransversarii
  - Mm. levatores costarum

Medialer Trakt:

- Spinales System:
  - Mm. interspinales
  - M. spinalis
- Transversospinales System:
  - Mm. rotatores breves & longi
  - M. multifidus
  - M. semispinalis

Bauchwandmuskulatur:

Vordere (gerade) Bauchmuskeln:

- M. rectus abdominis

Hintere (tiefe) Bauchmuskeln:

- M. quadratus lumborum
- M. iliopsoas

Seitliche (schräge) Bauchmuskeln:

- M. obliquus externus abdominis
- M. obliquus internus abdominis
- M. transversus abdominis

Rumpf-Armmuskulatur:

- M. latissimus dorsi

Beckenbodenmuskulatur:

Diaphragma pelvis:

- M. levator ani

Diaphragma urogenitale:

- Mm. transversus perinei profundus & superficialis
- M. ischiocavernosus

Schließ- & Schwellkörpermuskeln:

- M. sphincter ani externus
- M. sphincter urethrae
- M. bulbospongiosus

Diaphragma (Zwerchfell):

Pars costalis

Pars lumbalis

Pars sternalis

Schultergürtelmuskulatur:

- Mm. rhomboideus major & minor
- M. levator scapulae
- M. serratus anterior
- M. pectoralis minor
- M. trapezius

4.1 Lokale und globale Muskulatur

Bergmark teilt 1989 die Core Muskulatur anhand ihrer anatomischen Eigenschaften in lokale und globale Muskeln ein. (Bergmark, 1989; zit. nach Borghuis, Hof & Lemmink, 2008) Dem Konzept von Bergmark folgend haben Comerford und Gibbons ihre eigene Klassifikation gemäß der Muskelfunktion entwickelt. (Gibbons & Comerford, 2001; zit. nach Behm et al., 2010) Sie charakterisieren Muskeln als lokale Stabilisatoren, globale Stabilisatoren und globale Beweger. Die Funktion des lokalen Muskelsystems ist, wie im Ansatz von Bergmark, die segmentale Stabilisation der Wirbelsäule. (Bergmark, 1989; zit. nach Borghuis, Hof & Lemmink, 2008)

Da es auch in der Literatur verschiedene Sichtweisen bezüglich der Zuordnung von Muskeln gibt, wird hier nicht weiter in globale Stabilisatoren und globale Beweger unterschieden. Eine Aufarbeitung dieser Thematik würde den Rahmen sprengen und ist nicht Kern dieser Arbeit. Folglich wird nur mehr vom lokalen und globalen Muskelsystem gesprochen.

Die Muskeln des globalen Systems sind in erster Linie für die Entstehung von Bewegung und Drehmomenten in der Wirbelsäule zuständig, und stellen damit eine generelle Rumpfstabilisation sowie statische und dynamische Leistungen zur Bewältigung der alltäglichen und sportlichen Aktivitäten sicher. Sie sind für den Erhalt des Gleichgewichtes im Raum zuständig. Diese Muskeln haben längere, größere Hebelarme, die einen größeren Kraftoutput, mit Schwerpunkt Geschwindigkeit, Leistung und größeren ROM ermöglichen. (Faries & Greenwood, 2007) Dieser größere Kraftoutput wirkt großen externen Kräften entgegen, und schützt somit die lokale Muskulatur vor diesen. Die langen, oberflächlichen Muskeln des globalen Systems, ohne segmentale Ansätze in der Lendenwirbelsäule, sind nach Bergmark auch mit unendlichem Kraftvermögen nicht in der Lage segmentale Stabilität zu gewährleisten. (Willardson, 2007a)

Global stabilisierende Muskeln sind nach Faries & Greenwood (2007):

- M. rectus abdominis
- M. oliquus externus abdominis (laterale Fasern)
- M. psoas major
- M. erector spinae
- M. iliocostalis (pars thoracalis)

Das lokale Muskelsystem besteht aus den kleinen, tiefliegenden Muskeln, die ihren Ursprung/Ansatz an den (lumbalen) Wirbeln haben. Diese Muskeln kontrollieren Festigkeit, intervertebrale Zuordnung der einzelnen Wirbelsäulensegmente, Stellung der lumbalen Segmente und Verstärkung des intraabdominellen Druckes. (Willardson, 2007b) Obwohl die lokale Muskulatur entscheidend für die Stabilität der Wirbelsäule ist, ist sie alleine nicht ausreichend, da sie zur Kontrolle der Wirbelsäulenausrichtung auf die Mitwirkung der globalen Muskulatur angewiesen ist. Die kleine gelenksnahe lokale Muskulatur erfüllt in erster Linie propriozeptive Aufgaben. (Willardson, 2007a) Aufgrund ihrer kurzen Hebel ist sie kein mechanischer Stabilisator der Wirbelsäule. Vielmehr wirkt sie rund um das Segment wie kleine Sprungfedern, die das Gelenk zentrieren und somit dieses vor internem Stress bewahren. (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008) Das lokale oder stabilisierende System setzt sich im Wesentlichen aus langsam kontrahierenden, roten Typ I Muskelfasern zusammen. (Behm et al., 2010; Faries & Greenwood, 2007)

Lokal stabilisierende Muskeln erweisen sich als tonisch und dauerhaft aktiv und sind bei Hinzukommen einer Last unmittelbar zuvor schon aktiv. (Hodges & Richardson, 1997a & 1997b) Im Unterschied zu den globalen Muskeln ist die frühzeitige Aktivierung der lokalen Muskeln bei gesunden Menschen stets vorhanden, egal aus welcher Richtung die Belastung kommt. Dysfunktionen im lokalen System, sehr oft durch Verletzungen oder Schmerzen hervorgerufen, haben ihre Ursache in einer fehlerhaften Rekrutierung und motorischen Kontrolle des tiefliegenden stabilisierenden Systems und drücken sich in einer schlechten Kontrolle der neutralen Position eines Gelenkes aus. Diese motorischen Rekrutierungsdefizite sind auf zweierlei Arten erkennbar: veränderte Rekrutierungsmuster in der Form, dass gänzlich andere (falsche) Muskeln rekrutiert werden, und veränderte zeitliche Muster, sodass es meist zu einer verzögerten muskulären Antwort kommt. (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008; Richardson, Hodges & Hides, 2009)

Studien, vor allem aus Australien (Hides, Jull & Richardson, 2001; Richardson et al., 2002), weisen darauf hin, dass es im lokal stabilisierenden System bei Rückenschmerzen zu Störungen und Veränderungen kommt. Dies können propriozeptive Wahrnehmungsstörungen, Ermüdungserscheinungen, Koordinationsstörungen oder histologische Veränderungen sein.

Der Großteil der Studien beforscht, wie bereits weiter oben erwähnt, den M. transversus abdominis und den M. multifidus. (Barr, Griggs & Cadby, 2005)

Der australische Universitätsprofessor Andrew Cresswell und Kolleg/innen (Hodges, Cresswell & Thorstensson, 1999) unterstreichen in einer Serie von Untersuchungen zu isometrischen und dynamischen Rumpfbewegungen die ständige Aktivität des M. transversus abdominis. „The transversus abdominis was also the muscle most closely related to an increase in intra-abdominal pressure. This finding suggests that the transversus abdominis performs a unique function not shared by the other abdominal muscles." (Johnson, 2002, S.53)

„Recent research has promoted the TrA and multifidi as the primary stabilizers of the spine." (Faries & Greenwood, 2007, S.11)

Muskeln, die dem lokalen System im lumbalen Bereich zuzuordnen sind:

- M. transversus abdominis
- M. multifidus
- M. obliquus internus abdominis
- M. obliquus externus abdominis (medialen Fasern)
- M. quadratus lumborum
- Diaphragma
- Beckenbodenmuskulatur
- M. iliocostalis (pars lumbalis)
- M. longissimus (pars lumbalis)

(Faries & Greenwood, 2007)

Tab. 2: Muscle characteristics (modif. nach Faries & Greenwood, 2007, S.11)

Local:	**Global:**
Deeply placed	Superficial
Slow-twitch nature	Fast-twitch nature
Active in endurance activities	Active in power activities
Selectively weaken	Preferential recruitment
Poor recruitment, may be inhibited	Shorten and tighten
Activated at low resistance levels (30-40% maximal voluntary contraction)	Activated at higher resistance levels (>40% maximal voluntary contraction [MVC])
Lengthen	

Aus den teils unterschiedlichen Zuordnungen verschiedener Autor/innen betreffend lokaler und globaler Muskulatur soll an dieser Stelle eine Zuordnung der Core Muskulatur getroffen werden, welche aus der Literatur ableitbar und schlüssig nachvollziehbar ist. Dabei wird aktuellerer Literatur mehr Gewichtung eingeräumt. Die Zuordnung bezieht sich in dieser Arbeit auf die gesamte Core Muskulatur, die im Kapitel „Core Muskulatur" herausgearbeitet wurde. Sehr oft findet sich in der Literatur lediglich die Zuordnung der lumbalen lokal stabilisierenden Muskulatur. (Behm et al., 2010; Boyle, 2010; Cook, 2003; Gamble, 2007; Jakubek, 2007) Eine genaue Zuteilung der lokal stabilisierenden Muskulatur des thorakalen Bereiches fehlt in sehr vielen Arbeiten. Gerade deswegen werden auch die Muskeln dieses Bereiches hier mit berücksichtigt.

Im Großen und Ganzen ist die Zuordnung der Muskeln relativ klar. Nur bei den Mm. obliquus internus abdominis und obliquus externus abdominis scheint es unterschiedliche Ansätze zu geben.

Kleinere Auffassungsunterschiede gibt es bei der Zugehörigkeit des M. obliquus externus abdominis. Dieser Muskel wird vom überwiegenden Teil der Autor/innen eindeutig dem globalen System zugeordnet, da dieser keinen Ursprung bzw. Ansatz an den lumbalen Wirbeln und keinen Ansatz an der Fascia thoracolumbalis hat. (Richardson, Hodges & Hides, 2009) Auch wenn ihn Faries und Greenwood (2007) mit seinen medialen Fasern dem lokalen System zuteilen, wie weiter oben in dieser Arbeit dargestellt, so stellen sie eine Minderheit in der Fachwelt dar, und handeln in ihrer Arbeit die Anatomie der Core Muskulatur nicht so fundiert ab, wie es beispielsweise Richardson et al. und McGill in ihren Arbeiten tun. (Richardson, Hodges & Hides, 2009; Richardson et al., 1999 & 2002; Mc Gill, 2009 & 2010)

Die Zugehörigkeit des M. obliquus internus abdominis ist da etwas schwieriger. Die australische Forschungsgruppe (Richardson, Hodges & Hides, 2009) ordnet diesen Muskel nicht dem lokalen System zu, da die posterioren Fasern, die an der Fascia thoracolumbalis ansetzen, gemäß Bogduk und Macintosh nur bei wenigen Menschen vorhanden sind. (Bogduk & Macintosh, 1984; zitn. nach Richardson, Hodges & Hides, 2009) Diese Arbeit stammt aus dem Jahre 1984, und ist somit älter als jene, auf die sich Grenier und McGill (2007) beziehen, und dementsprechend den M. obliquus internus abdominis dem lokalen

System zuteilen. Im Großteil der Arbeiten, betreffend lokal stabilisierender Muskulatur im Lenden- und Beckenbereich, wird der M. obliquus internus abdominis mit seinen tiefliegenden Fasern dem lokalen Muskelsystem zugeordnet. (Barr, Griggs & Cadby, 2005; Behm et al., 2010; Gamble, 2007; McGill, 2010; Sekendiz, 2010; Richardson, Hodges & Hides, 2009; Willardson, 2007a) Folglich wird der M. obliquus internus abdominis auch hier diesem System zugeordnet.

Sowohl das lokale als auch das globale Muskelsystem sind notwendig, um den Anforderungen der Wirbelsäulenstabilität zu entsprechen. Untersuchungen bei Rückenschmerzen lassen jedoch vermuten, dass eher das lokale System betroffen ist, und in seiner strukturellen und/oder funktionellen Arbeitsweise beeinträchtigt ist. (Hides, Jull & Richardson, 2001; Richardson et al., 2002) Obwohl Studien am Modell von McGill (Grenier & McGill, 2007) zeigen, dass die globalen Muskeln die optimale Kontrolle gegen Biegungskräfte bieten, ist das Training dieser Muskeln nicht geeignet, um Muskelkontrolldefizite zu beheben.

Um dies besser zu verdeutlichen, kann die Wirbelsäule mit einem Orchester verglichen werden. In diesem Orchester gibt es auf der einen Seite laute Instrumente, wie beispielsweise die Trompete, die mühelos Lautstärke produzieren kann. Diese lauten Instrumente sind vergleichbar mit den globalen, oberflächlichen, größeren Muskeln, die effektiv zur Kontrolle gegen Biegungskräfte beitragen und die Wirbelsäule festigen. Auf der anderen Seite gibt es im Orchester Instrumente, wie z.B. die Flöte, die für die feinen Töne zuständig ist. Diese feinen Töne sind vergleichbar mit den tiefliegenden, kleinen, lokalen Muskeln, die minimal zur Kontrolle gegen Biegungskräfte beitragen, dafür aber effektiv die Kontrolle der intervertebralen Bewegung und der Beckengelenke steuern. Kein System kann alleine die optimale Stabilität für eine gesunde Wirbelsäule erbringen. (Richardson, Hodges & Hides, 2009)

In diesem Punkt herrscht Einigkeit zwischen der australischen und kanadischen Schule, da auch Cholewicki und McGill dieses Zusammenspiel von lokaler und globaler Muskulatur untersuchen. (McGill et al., 2003) Sie kommen zum Schluss, „… that when forces generated by the large global muscles were substantial, the spine was unstable when there was no activity in the local muscle system. A small increase in activity in the local muscle system could prevent spinal instability.” (Johnson 2002, S.53)

Tab. 3: Übersicht lokale und globale Core Muskulatur

Lokale Muskulatur:

Autochtone Rückenmuskulatur:

Lateraler Trakt:

- Sakrospinales System:
  - M. iliocostalis
  - M. longissimus
- Spinotransversales System:
  - M. splenius
- Intertransversales System:
  - Mm. intertransversarii
  - Mm. levatores costarum

Medialer Trakt:

- Spinales System:
  - Mm. interspinales
  - M. spinalis
- Transversospinales System:
  - Mm. rotatores breves & longi
  - M. multifidus
  - M. semispinalis

Teile Bauchwandmuskulatur:

Hintere (tiefe) Bauchmuskeln:

- M. quadratus lumborum (mediale Fasern)

Seitliche (schräge) Bauchmuskeln:

- M. obliquus internus abdominis (posteriore Fasern)
- M. transversus abdominis

Globale Muskulatur:

Beckenbodenmuskulatur

Diaphragma (Zwerchfell)

Teile Bauchwandmuskulatur:

Vordere (gerade) Bauchmuskeln:

- M. rectus abdominis

Hintere (tiefe) Bauchmuskeln:

- M. iliopsoas

Seitliche (schräge) Bauchmuskeln:

- M. obliquus externus abdominis

Rumpf-Armmuskulatur:

- M. latissimus dorsi

Schultergürtelmuskulatur:

- Mm. rhomboideus major & minor
- M. levator scapulae
- M. serratus anterior
- M. pectoralis minor
- M. trapezius

4.2 Der M. multifidus

Der M. multifidus verläuft zwischen Quer- und Dornfortsätzen innerhalb der gesamten Wirbelsäule (Axis bis Os sacrum), überzieht zwei bis vier Wirbel mit seinen Muskelsträngen und ist am stärksten in der LWS ausgebildet. Eine beidseitige Kontraktion führt zu einer Dorsalextension; bei einer einseitigen Kontraktion kommt es zu einer Lateralflexion zur ipsilateralen Seite und Rotation zur kontralateralen Seite. (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Der lumbale M. multifidus ist der am weitesten medial liegende lumbale Muskel. Bogduk erkennt bereits 1997, dass die überlegene Funktion dieses Muskels die kinästhetische Wahrnehmung ist. (Bodguk, 1997; zit. nach Barr, Griggs & Cadby, 2005) Diese Funktion ermöglicht die segmentale Stabilisation der LWS bei Alltagsbewegungen. Mit dem ersten Auftreten von Rückenschmerzen entsteht eine Dysfunktion, die die Muskelfaserverteilung im Muskel verändert und den Muskel schneller ermüden lässt; zu einer erhöhten Fett- und Bindegewebseinlagerung im Muskel führt; eine Veränderung der Muskelspindelfunktion hervorruft; die Kapillarendichte reduziert und eine Atrophie des Muskels zur Folge hat. (Barr, Griggs & Cadby, 2005; Richardson, Hodges & Hides, 2009)

4.3 Der M. transversus abdominis

Der M. transversus abdominis ist die innerste Umgurtungsschicht des Bauchraumes, verläuft nahezu horizontal und ist über die Fascia thoracolumbalis an allen LWS-segmenten befestigt. Er entspringt an den Innenflächen der siebten bis zwölften Rippenknorpel; am tiefen Blatt der Fascia thoracolumbalis; am Labium internum der Crista iliaca, Spina iliaca anterior superior und am lateralen Teil des Ligamentum inguinale. Die Ansätze des tiefliegendsten und dünnsten Bauchmuskels sind das hintere Blatt der Rektusscheide und die Linea alba. Bei einseitiger Kontraktion entsteht eine Rotation des Rumpfes zur ipsilateralen Seite; bei beidseitiger Kontraktion zeigt der M. transversus abdominis maximale Aktivität während der forcierten Expiration und eine Erhöhung des intraabdominellen Druckes zur Stabilisierung der Wirbelsäule. (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

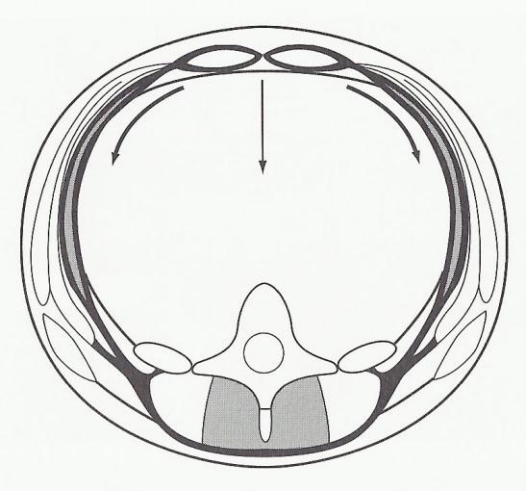

Abb. 2: Muskelkorsett und Fascia thoracolumbalis (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.88) Die Muskelkontraktion bei Einziehen der Bauchwand mit einer isometrischen Kontraktion des lumbalen M. multifidus. Die Interaktion zwischen beiden Muskeln und dem Fasziensystem ist erkennbar.

Wie bereits beschrieben, plant das Nervensystem Feedforward-Strategien vor, um auf absehbare Aufgaben und Störungen bezüglich Stabilität vorbereitet zu sein. Hodges und Richardson zeigen in einigen Studien bei chronischen LBP-Patient/innen eine verspätete Aktivität (durchschnittlich 100ms bis 150ms) des M. transversus abdominis bei Bewegungen der Extremitäten in allen Bewegungsrichtungen auf. Vor der Bewegung der Extremitäten ist keine Aktivität des queren und tiefliegenden Bauchmuskels zu erkennen. Die Wirbelsäule kann nicht auf die Störung der „Extremitätenbewegung“ vorbereitet werden. Die Aktivität der oberflächlichen, globalen Bauchmuskulatur ist jedoch nur bei bestimmten Bewegungen verzögert, was darauf schließen lässt, dass die verzögerte Aktivität des M. transversus abdominis nicht auf eine gehemmte Reaktion oder verzögerte Übertragung im Zentralnervensystem zurück zu führen ist. (Hodges & Richardson, 1997a; Hodges & Richardson, 1997b; Hodges, Cresswell & Thorstensson, 1999)

Grenier und McGill (2007) beziehen sich auf die Studien der australischen Forschungsgruppe, und schreiben über die Verzögerung der Aktivität des M. transversus abdominis, dass diese Zeit lediglich ein Teil der 130ms dauernden elektromechanischen Verzögerung (EMD) der Rumpfmuskulatur sei. Die EMD beschreibt die Zeitspanne zwischen dem Eintreffen eines elektrischen Impulses am Muskel und der zugehörigen

Muskelkontraktion. Die Kenntnis dieser EMD ermöglicht schließlich eine genaue Zuordnung zwischen dem Elektromyogramm und der muskulären Aktivität.

Die EMD von 130ms entnehmen Grenier und McGill der Studie von van Dieen aus dem Jahre 1991. (van Dieen et al., 1991; zit. nach Grenier & McGill, 2007) Elf Jahre später veröffentlicht Jöllenbeck in seinem Werk neue Werte für die EMD. (Jöllenbeck, 2002) Die EMD zeigt sich als unabhängig vom untersuchten Muskel, und ist mit nur rund 20ms zu Beginn einer Muskelaktivität erheblich kürzer als bisher mit Werten von 40 bis 120ms angenommen. Am Ende der Muskelaktivität hingegen beträgt die EMD rund 100ms. Daraus folgert Jöllenbeck, dass allein der Vergleich von Beträgen nicht ausreicht, Ergebnisse verschiedener Autor/innen miteinander zu vergleichen und daraus qualitative Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Ergebnisse der EMD sind nur dann vergleichbar, wenn dieselben Methoden zu ihrer quantitativen Bestimmung verwendet wurden. (Jöllenbeck, 2002)

Vielleicht ist das eine mögliche Antwort auf die Frage, warum die australische und kanadische Forschungsgruppe sehr oft mit unterschiedlichen Werten zu einer bestimmten Thematik argumentieren und unterschiedliche Zusammenhänge feststellen.

Im Gegensatz zu der geminderten Aktivität der lokalen Bauchmuskulatur ist jene der Globalen oftmals erhöht, wobei die Proband/innen in den Studien sehr unterschiedlich reagieren.

So zeigen Ng et al. (2002) in ihrer Studie zur Aktivität der schrägen Bauchmuskulatur bei einer isometrischen Rumpfrotation, dass der M. obliquus externus abdominis verstärkt aktiv ist, schneller ermüdet und dass der M. multifidus vermindert arbeitet. Radebold et al. (2000) dokumentieren eine verspätete Entspannung der oberflächlichen Bauchmuskulatur, vor allem des M. obliquus externus abdominis, wenn unerwartet ein Gewicht vom Rumpf weggenommen wird.

5 Core Ability

> „Furthermore, many studies also fail to distinguish between core stability and core strength, two concepts that are fundamentally very different. The confusion over the precise definition of core stability and core strength is largely because what is included in these definitions differs greatly depending on the context in which they are viewed." (Hibbs et al., 2008, S.996)

Hibbs et al. sprechen als eine der wenigen Autor/innen in ihrem Review den Unterschied zwischen Core Stability und Core Strength an, und subsumieren diese beiden Begriffe jenem der Core Ability, was so viel heißt wie Core Geschicklichkeit oder Core Befähigung. Sie ordnen den Begriff der Core Stability dem rehabilitativen Bereich, und jenen der Core Strength dem athletischen Bereich zu. Im rehabilitativen Sektor liegt der Fokus auf der Rehabilitation von Verletzungen, wie beispielsweise LBP und „…enabling the general population to perform everyday (low load) tasks using exercises that emphasize the control of spinal loading." (Hibbs et al., 2008, S.997) Im athletischen Bereich wirken meist sehr hohe Kräfte in dynamischen Bewegungen auf den Körper und die Wirbelsäule ein. „The spine is inherently unstable." (Faries & Greenwood, 2007, S.12)

> „What is termed as performance, as with the definitions of core ability (core stability and core strength), differs between the rehabilitation and athletic sectors. In the rehabilitation sector, an improved performance for a patient with LBP would be the ability to perform everyday tasks pain free; whereas in the sporting sector, an improved performance may be characterized by not necessarily being pain free, but by improving technique in order to run faster, throw further or jump higher, although it could also include the reporting of fewer injuries, which enhances performance in training." (Hibbs et al., 2008, S.997)

Die Trainingsziele und -inhalte sind in beiden Bereichen unterschiedlich. „Lumbopelvic exercises", welche ein hohes Maß an Koordination und motorischer Kontrolle verlangen, sind Inhalt im Rehabilitationsbereich. Trainiert wird mit „smaller postural loads" mit dem Ziel, die Rekrutierung und Ausdauer der „slow motor units" zu verbessern. Dynamischere „fast fatiguing gross motor tasks" finden ihre Anwendung im Core Strength Training. Dabei sollen in erster Linie die „fast motor units" mit dem Ziel der Steigerung der „motor control" angesprochen werden. (Gamble, 2007; McNeill, 2010)

> „True spine stability is achieved with balanced stiffening from the entire musculature, including rectus abdominis and the abdominal wall; quadratus lumborum; latissimus dorsi and the back extensors of longissimus, iliocostalis and multifidii. A single muscle generally doesn´t enhance stability but creates patterns that when quantified result in less stability. It is impossible to train muscles such as transverse abdominis or multifidii in isolation – people can´t activate just these muscles." (McGill, 2010, S.36)

McGill, der Experte biomechanischer Modelle der Wirbelsäule, unterstreicht das gemeinsame Zusammenwirken aller Rumpfmuskeln, um ausreichende Stabilität in der Wirbelsäule zu erreichen. Er wird dabei von seinen Kollegen Moreside und Vera-Garcia unterstützt, die Wirbelsäulenstabilität als koordinierte Aktivierung der Rumpfmuskeln, welche sich anterior, posterior und lateral der Wirbelsäule befinden, sehen. Der variable Kraftwert der Ko-Kontraktion dieser Muskeln passt sich ständig den sich ändernden Bedingungen („position, velocity and load placed upon the spine“) an, und garantiert eine ausgewogene Festigkeit zur Stabilisation der Wirbelsäule. (Moreside, Vera-Garcia & McGill, 2007)

Neuere Beschreibungen der Muskelfestigkeit in der biomechanischen und neurophysiologischen Literatur gehen davon aus, dass die Muskelfestigkeit die entscheidende Variable der Gelenksstabilisation ist. Eine schlechte Gelenksstabilisation resultiert aus einer geringen Muskelfestigkeit. Diese Muskelfestigkeit stellt eine noch besser schützende und unterstützende Funktion als Muskelkraft und Muskelausdauer für den Muskel dar. (Richardson, Hodges & Hides, 2009)

McNeill (2010) verweist in seinem Artikel auf ein Werk von Reeves, Narendra und Cholewicki (2007). Diese Autor/innen sind der Ansicht, dass eine erhöhte “stiffness” nur eine verbesserte Stabilität bringt, wenn von einem statischen Verständnis von Stabilität ausgegangen wird. „In a dynamic model of stability, however, there are times when less stiffness is desirable to help in the precision of motor controlled activities such as standing, balancing or gait by providing a more supple spine.” (McNeill, 2010, S.82) Reeves, Narendra und Cholewicki meinen, dass ein System entweder stabil oder instabil ist, das Entscheidende aber die Robustheit ist. Robustheit ist die Fähigkeit eines Systems, Störungen und Ungewissheiten zu bewältigen. „Core stabilizing exercises do not make the spine more stable, they make it more robust, thus reducing risk of injury.” (Reeves, Narenda & Cholewicki, 2007; zit. nach McNeill, 2010, S.82) McNeill kommentiert dieses Statement mit dem Satz: „Perhaps the next new hot exercise fad to take over from core stability training will be `core robustness exercise´!” (McNeill, 2010, S.82)

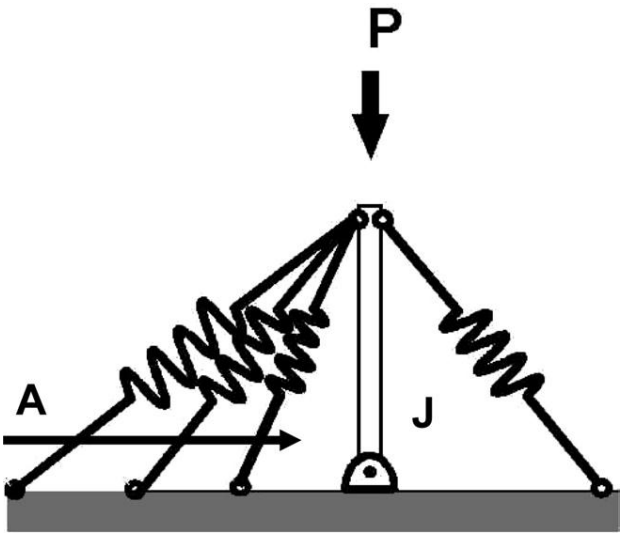

Abb. 3: Stability of a column (Grenier & McGill, 2007, S.58)

Because the moment is calculated as the product of force and perpendicular distance, moving the muscle attachment (A) closer to the joint (J) (as occurs during hollowing) shortens the moment arm of rectus abdominis. This has a large effect on the resulting potential energy, and, consequently, stability as well. Stability of a column with guy wires (or a spine with muscles) is a function of geometry (the location of the support attachments), stiffness, the "balance" in stiffness in all directions, and column imperfections, such as curvature. Hollowing reduces the potential energy and stability by narrowing the geometric base.

5.1 Core Stability

Bei Core Stability geht es um die Stabilität der Wirbelsäule. Interessanterweise ist Instabilität viel häufiger definiert als Stabilität. Instabilität wird beispielsweise als Verlust der Bewegungskontrolle, die zu gravierenden Schmerzen und funktioneller Beeinträchtigung führt, definiert. (Faries & Greenwood, 2007) Wenn Verlust der Bewegungskontrolle Instabilität heißt, dann muss Stabilität Kontrolle über Bewegung bedeuten. (Grenier & McGill, 2007)

Borghuis, Hof und Lemmink (2008) führen an, dass Stabilität von einer integrierten Funktion von lokalen und globalen Muskeln abhängt. Eine Dysfunktion dieser beiden Muskelsysteme, ausgelöst durch strukturelle oder funktionelle Veränderungen, verursacht Instabilität.

Wie bei sehr vielen anderen Thematiken dieser Arbeit, trifft auch hier folgendes Zitat zu: „There is no single universally accepted definition of core stability." (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008, S.896)

> „Core stability is the ability to create movement in the legs and arms without compensatory movement of the spine or pelvis, and in the broadest sense allowing force to move from the ground through the hips, spine or scapula-thoracic joints without energy leaks. Energy leaks are defined as points at which energy is lost during the transfer of force from the ground, and are a result of the body´s inability to stabilize a particular joint." (Boyle, 2010a, S.85)

Gamble definiert Core Stability als das Produkt aus „motor control" und „muscular capacity of the lumbo-pelvic-hip complex". (Gamble, 2007, S.58)

Einige Autor/innen sehen Core Stability in einem etwas sportlicheren Umfeld. Für Willardson (2007b) ist Core Stability ein dynamischer Prozess, welcher ständig im Körper abläuft, um auf die posturalen Anforderungen und extern einwirkenden Kräfte zu reagieren. Um die Core Stability zu steigern, müssen Übungen durchgeführt werden, welche das Bewegungsmuster der Sportart simulieren. Dies stellt die Basis für eine größere Kraftentwicklung in den oberen und unteren Extremitäten dar.

Kibler, Press und Sciascia sehen Core Stability als „… the ability to control the position and motion of the trunk over the pelvis to allow optimum production, transfer and control of force and motion to the terminal segment in integrated athletic activities.'' (Kibler, Press & Sciascia, 2006, S.189)

> „Cs is the ability of the lumbopelvic hip complex to prevent buckling and to return to equilibrium after perturbation. Although static elements (bone and soft tissue) contribute to some degree, cs is predominantly maintained by the dynamic function of muscular elements." (Willson et al., 2005, S.317)

Cook, der einfache, treffende Erklärungen und Definitionen in seinen Werken liefert, beschreibt Core Stability als jenes Training, bei dem es zu keiner Bewegung der Wirbelsäule kommt.

> „If the spine moves, as it does during crunches, sit-ups, or roman chair exercises, the core muscles are strengthened but the core is being made mobile, not stable. Remember, the definition of stability is the ability to control movement and force, not the production of movement or the generation of force." (Cook, 2003, S.63)

„Cook states the concept simple: in order to be doing a core stability exercise, there must be no movement of the core. Exercises that cause spine to move are considered core strength exercises." (Boyle, 2010a, S.103)

„When the term `core stability´ is used, reference is being made to the stability of the spine, not the stability of the muscles themselves." (Faries & Greenwood, 2007, S.11)

Sehr ausführlich beschäftigt sich Panjabi mit der Thematik der Stabilisation der Wirbelsäule. (Panjabi, 1992) 1992 stellt dieser sein neues Modell für das Stabilitätssystem der Wirbelsäule vor, aus dem sich die Kenntnisse bzgl. Aufrechterhaltung der Wirbelsäulenstabilität, Instabilität und klinische Beispiele für die Beurteilung und Behandlung von Muskeldysfunktionen bei LBP-Patient/innen ableiten. Ein aktives und passives Teilsystem sowie ein neurales Kontrollsystem finden Berücksichtigung in diesem Modell. Diese drei Teilsysteme sind zusammenhängende Komponenten des Stabilisationssystems der Wirbelsäule, und jedes dieser Systeme ist imstande Defizite des anderen auszugleichen.

„Instability could be a result of tissue damage, making the segment more difficult to stabilize, insufficient muscular strength or endurance, or poor muscular control, and instability is usually a combination of all three." (Barr, Griggs & Cadby, 2005, S.474)

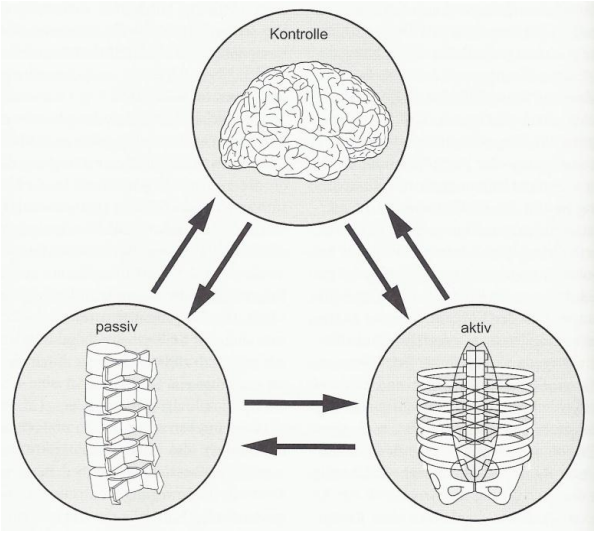

Abb. 4: Übersicht der drei Teilsysteme (modif. nach Panjabi 1992; Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.16)

Die drei Systeme, die die Lenden-Becken-Stabilität steuern

5.1.1 Das passive Subsystem

Das passive System besteht aus knöchernen, artikulären und bandhaften Strukturen. Es trägt bis zu einem bestimmten Ausmaß zur Kontrolle der Wirbelsäulenbewegung und -stabilität bei. Die passiven Strukturen sind feste Bestandteile des Stabilisationssystems der Wirbelsäule, und wirken zum Ende des Bewegungsausmaßes, infolge des Aufbaus von reaktiver Spannung durch die Wirbelsäulenbänder hemmend. In der neutralen Zone geben die passiven Strukturen keine nennenswerte Unterstützung. Diese neutrale Zone wird definiert als „…the posture of the spine in which the overall internal stresses in the spinal column and the muscular effort to hold the posture are minimal." (Johnson, 2002, S.52)

Die Wirbelsäulenbänder sind mit Propriozeptoren ausgestattet, welche sensorisches Feedback betreffend Position und Bewegung der Wirbelsäule an das Zentralnervensystem weiterleiten. (Gottlob, 2007) Dieses sensorische Feedback ist entscheidend für die Stimulation von spezifischen neuronalen Aktivierungsmustern der Core Muskulatur. Eine isolierte Betrachtung des passiven Systems zeigt auf, dass dieses nur limitiertes Potential zur Stabilisation der Wirbelsäule hat. In vitro Experimente bei Panjabi (1992) haben gezeigt, dass nach Entfernung der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur die Wirbelsäule mit ihren ossären und ligamentären Anteilen unter einer Belastung von rund 90N einstürzen würde.

Die Wirbelsäule stellt die zentrale, vertikale Stabilisierungsachse des menschlichen Körpers dar. Die s-Form der Wirbelsäule dient als Dämpfungselement bei dynamischen Belastungen. Diese physiologische Krümmung ermöglicht eine zehn Mal höhere Widerstandsfähigkeit als eine lediglich gerade ausgebildete Wirbelsäule. (Gottlob, 2007) Die übereinander liegenden Wirbel (24 bewegliche Wirbel, sieben bis zehn miteinander verwachsene Wirbel des Os sacrum und Os coccygis) sind über Bandscheiben, Facettengelenke, Muskeln und zahlreiche Bandsysteme miteinander verbunden. (Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Die Wirbelsäulenbänder führen zu einer stabilen Verbindung der Wirbel untereinander und ermöglichen hohe mechanische Belastungen. Diese bandhaften Strukturen werden unter dem Begriff der passiven Stabilität zusammengefasst. (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008)

Innerhalb des Bandapparates werden Wirbelkörperbänder und Wirbelbogenbänder unterschieden.

Wirbelkörperbänder:

- Ligamentum longitudinale anterius
- Ligamentum longitudinale posterius

Wirbelbogenbänder:

- Ligamenta flava
- Ligamenta interspinalia
- Ligamentum supraspinale
- Ligamentum nuchae
- Ligamenta intertransversaria

(Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Das Ligamentum longitudinale anterius (vorderes Längsband) verläuft breitflächig an der Vorderseite der Wirbelkörper, verhindert ein Ausweichen der Wirbelkörper und Bandscheiben nach ventral und erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum Os sacrum. Mit seinen tiefen Fasern verbindet es benachbarte Wirbelkörper, mit seinen oberflächlichen Anteilen zieht es über mehrere Segmente hinweg. Dabei sind die Kollagenfasern mit den Wirbelkörpern fest, mit den Bandscheiben hingegen nur locker verbunden.

Das Ligamentum longitudinale posterius (hintere Längsband) zieht auf der Rückseite der Wirbelkörper bis in den Sakralkanal hinein, besitzt in den äußersten Lagen des Anulus fibrosus sensible Nervenendigungen und ist mit den Bandscheiben fest verwachsen. Trotz dieser Anheftung an der Bandscheibe verbleibt ein großer Teil der Zwischenwirbelscheibe, besonders im seitlichen Bereich ohne Bandverstärkung, und begünstigt daher laterale Bandscheibenvorfälle. Beide Längsbänder sind ganz entscheidend an der Aufrechterhaltung der Wirbelsäulenkrümmung beteiligt.

Die Wirbelbogenbänder bestehen aus mehreren unterschiedlichen Bändern, die die Dorn- und Querfortsätze miteinander verbinden. Die Ligamenta flava bestehen größtenteils aus elastischen Fasern, die ihnen die gelbe Farbe verleihen. Sie verlaufen als dicke, kräftige

Bänder zwischen benachbarten Wirbelbögen, vervollständigen die Wand des Wirbelkanals und unterstützen die lokalen Rückenmuskeln bei der Stabilisierung in der Sagittalebene. (Gottlob, 2007; Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

5.1.2 Das neurale Kontrollsystem

Das neurale Kontrollsystem führt die beiden anderen Subsysteme aufgrund afferenter Informationen aus den Bandscheiben, Facettengelenkskapseln, Wirbelsäulenbändern und Muskelspindeln der kleinen wirbelsäulennahen Muskeln. Der M. multifidus hat die größte Dichte an Muskelspindeln, verglichen mit größeren superficial gelegenen Muskeln, wie beispielsweise dem M. erector spinae. (Richardson, Hodges & Hides, 2009) Die kleinen wirbelsäulennahen Muskeln sind weniger effizient in der Stabilisation der Wirbelsäule. Ihre primäre Aufgabe ist daher das sensorische Feedback an das Zentralnervensystem. (Faries & Greenwood, 2007; Sekendiz, 2010; Willardson, 2007b)

Neben diesem Feedback-Mechanismus verfügt das neurale System auch über einen Feedforward-Mechanismus, welcher im Vorhinein Stabilitätsreaktionen planen und bei unvorhersehbaren Herausforderungen auf die afferenten Informationen (Feedback) reagieren kann. „Stiffness is achieved with specific patterns of muscle activity, which differ depending on the position of the joint and the load on the spine." (Barr, Griggs & Cadby, 2005, S.474) Eine steife, rigide Wirbelsäule ist dennoch nicht ideal, denn Operationen bei LBP-Patient/innen, bei denen die Wirbel miteinander verschraubt werden, heilen nicht alle Schmerzen.

Hodges und Richardson haben in ihren Studien gezeigt, dass es bei Patient/innen mit LBP zu Veränderungen des Feedforward-Mechanismus des M. transversus abdominis kommen kann. Der M. transversus abdominis wird bei gesunden Menschen Millisekunden vor einer Extremitätenbewegung aktiviert, um einerseits die Wirbelsäule vor den reaktiven Kräften zu schützen und andererseits die Wirbelsäule und den Core physiologisch korrekt zu positionieren, um den Extremitäten optimale Ansatzpunkte für eine effiziente Kraftübertragung im Rahmen der kinetischen Kette zu ermöglichen. (Hodges & Richardson, 1997a & 1997b)

Für das Zentralnervensystem ist es aufgrund der sich ständig ändernden internen und externen Kräfte eine immense Herausforderung die Wirbelsäule zu bewegen, zu kontrollieren und zu stabilisieren. Es muss Mechanismen planen, um einerseits vorhersehbare Aufgaben zu lösen, und um andererseits schnellstmöglich eine Aktivität als Antwort auf eine unerwartete Aufgabe zu veranlassen. Die sensorischen Informationen von Proprio-, Mechano- und Nozirezeptoren müssen ständig interpretiert und mit dem internen Modell der Körperbewegungen verglichen werden. Daraufhin muss eine koordinierte Antwort der Core Muskulatur veranlasst werden, damit die Muskelaktivität zur richtigen Zeit, in der richtigen Muskelgruppe, im richtigen Umfang und mit der richtigen Intensität ausgeführt wird. Im Gegensatz zu Extremitätenmuskeln haben die Core Muskeln eine Reihe von ganzheitlichen Aufgaben zu erfüllen, z.B. Kontrolle der Atmung und der Kontinenz, Bewegung und Kontrolle des Rumpfes. (Richardson, Hodges & Hides, 2009)

> „Efficient movement function and the maintenance of balance during dynamic tasks are more complex than merely adequate force production from the muscles. The muscle actions must be precisely coordinated to occur at the right time, for the correct duration and with the right combination of forces." (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008, S.900)

Im Gehirn scheint es ein biomechanisches Modell zu geben, welches exakt Bescheid weiß, was mit der Körperdynamik geschieht, sobald der Körper irgendwelchen Lasten ausgesetzt ist. Gandevia et al. (1997) zeigen in ihren Studien, die sich mit der temporären Reihenfolge von Muskelaktivitäten („Timing") beschäftigen, dass bei Lasten, die der Körper von vorne fangen muss, als Erster die Rückenstrecker aktiviert werden. Wird eine Last von hinten erwartet, reagieren als Erste die Bauchmuskeln. Diese Aktivierung der Rücken- bzw. Bauchmuskulatur erfolgt im Voraus (Feedforward), prädiktiv, garantiert einen effizienten Schutz der Wirbelsäule und ist für die Erhaltung des Gleichgewichtes zuständig. Gandevia et al. vermuten, dass dieses Modell aus der Bewegungserfahrung der frühen Kindheit entspringt und durch motorisches Lernen entsprechend weiterentwickelt wird. (Gandevia et al., 1997)

„Core training is training for movement patterns and stability." (Cook, 2003, S.63) „Core training seeks to coordinate the kinetic chain (muscular, skeletal, and nervous systems) to enhance the synergism and function of the core musculature." (Faries & Greenwood, 2007, S.16). Diese beiden Zitate unterstreichen die enorme Bedeutung des neuralen

Kontrollsystems im Core Training. Die Muskelaktivierung in der kinetischen Kette erfolgt über vorprogrammierte Bewegungsmuster, die zielorientiert sind, und die durch motorisches Lernen optimiert werden. Ein Pitcher beim Baseball wirft den Ball, egal in welcher Ebene, immer mit demselben Bewegungsmuster. Es beginnt mit der Aktivierung des contralateralen M. obliquus externus abdominis und verläuft weiter auf die Armmuskulatur. (Kibler, Press & Sciascia, 2006)

Für Borghuis, Hof und Lemmink resultieren diese vorprogrammierten Bewegungsmuster in „anticipatory postural adjustments". Diese antizipatorischen posturalen Abstimmungen schaffen die proximale Stabilität für distale Beweglichkeit. „Since the core is central to almost all kinetic chains in sports activities, control of core strength, balance and motion will maximize all kinetic chains of upper and lower extremity function." (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008, S.901)

Dies belegen Kibler, Press und Sciascia (2006) in ihren Ausführungen anhand zweier Beispiele. Die maximale Plantarflexion-Leistung wird durch eine stabile Hüftmuskulatur unterstützt. Eine 26% höhere Leistung wird in der Plantarflexion erreicht, wenn die Hüftmuskulatur mit aktiviert wird. Ein ähnlicher Leistungszuwachs von rund 23-24% wird in der Rotatorenmanschette erzielt, wenn die Scapula durch die Schulterblattfixatoren aktiv stabilisiert wird.

Das Zentralnervensystem steuert die Rekrutierung und den Zeitpunkt der Aktivierung von Muskeln, um eine optimale Bewegungskontrolle, Bewegungsleistung und vor allem eine optimale Kontrolle reaktiver Kräfte zu gewährleisten.

5.1.3 Das aktive Subsystem

Das aktive Subsystem bezieht sich auf die Kapazität des Muskels, die mechanische Kraft zu erzeugen, um das Wirbelsäulensegment zu stabilisieren. Muskeln haben eine widersprüchliche Rolle in der Bewegung; sie leiten sie ein und bremsen sie gleichzeitig. Das muskuläre System ist das wichtigste System zur Aufrechterhaltung der Wirbelsäulenstabilität, da dieses einen Ausfall der passiven Stabilität kompensieren kann. „Very modest levels of muscle activity can create sufficiently stiff and stable joints. In

usual situations, only a small amount of muscular coactivation, about 10% of maximal contraction, is needed to provide segmental stability.“ (Barr, Griggs & Cadby, 2005, S.474) Allerdings ist das aktive Subsystem nur so gut wie das neurale Kontrollsystem, von dem es geführt wird.

Mehr Informationen zum aktiven System finden sich im Kapitel „Core Muskulatur“.

5.2 Core Strength

Die Recherchen bezüglich Core Strength haben aufgezeigt, dass es nur wenige Autor/innen gibt, die explizit den Begriff Core Strength in ihren Werken erwähnen.

Akuthota und Nadler (2004) definieren Core Strength als die muskuläre Kontrolle, die nötig ist, um die funktionelle Stabilität in der LWS aufrecht zu erhalten. McGill bringt Core Strength mit „power” in Verbindung, und meint, dass Core Strength und Power für eine Leistungssteigerung im Sport von großer Bedeutung sind. Der Schwerpunkt in der Verletzungsprophylaxe und im Rehabilitationstraining liegt im „core endurance“ Bereich. Die Bezeichnung Core Endurance wählt McGill deswegen, da die „lumbar stabilizing muscles“ zum überwiegenden Teil aus Typ I Muskelfasern bestehen, und „low loads“ bereits ausreichen, um deren Leistung zu steigern. (McGill, 2001) „When the term `core strength´ is used, reference is being made to the ability of the musculature to stabilize the spine through contractile forces and intra-abdominal pressure.” (Faries & Greenwood, 2007, S.11)

Hibbs et al. verdeutlichen in ihrer Grafik sehr gut den Unterschied zwischen Core Stability und Core Strength. Core Strength, „high-threshold training“, zeichnet sich durch dynamische Bewegungen, mit/ohne Zusatzgewichten aus, verbunden mit einem erhöhten Verletzungsrisiko. Die Übungen sind funktioneller und spezifischer, und haben eine Hypertrophie der trainierten Muskulatur sowie eine erhöhte neuronale Aktivierung der motorischen Einheiten zum Ziel. Der Trainingserfolg ist direkt anhand der gestiegenen Kraftentwicklung und „muscle stiffness“, und indirekt anhand einer Leistungssteigerung in den Bereichen Speed, Agility und Power dokumentierbar. (Hibbs et al., 2008)

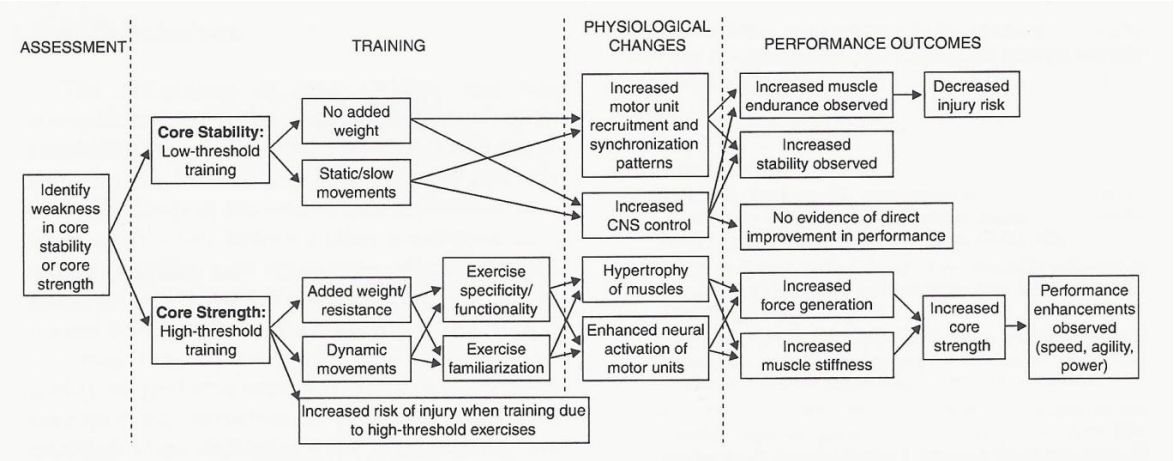

Abb. 5: Core training and potential performance benefits. (Hibbs et al., 2008, S.1005)
Principles of low- and high-load training with subsequent effects on core stability and core strength and the possible impact on performance as a result of scientific research carried out.

6 Core Stabilisationstechniken

Core Stabilisationstechniken sind Techniken und Übungen, welche durch eine isometrische Ko-Kontraktion den intraabdominellen Druck der vor allem lokal stabilisierenden Core Muskulatur erhöhen und dadurch eine verbesserte Stabilität der LWS erzielen. (Chon, Chang & You, 2010)

Bartelink erkennt bereits 1957, dass es schon bei alltäglichen Bewegungen zu einer Zunahme des intraabdominellen Druckes kommt. (Bartelink, 1957; zit. nach Hodges & Richardson, 1997b) Seine ursprüngliche Hypothese besagt, dass die Funktion der Bauchhöhle mit einem Ballon, der vor der Wirbelsäule liegt, vergleichbar ist. Durch Druck wird eine Kraft nach oben auf das Diaphragma und eine Kraft nach unten auf den Beckenboden ausgeübt, was zu einer Rumpfextension führt. Folglich wird die rückenstreckende Muskulatur in ihrer Extensionsbewegung unterstützt, und die Kompression auf die LWS reduziert. Dieses Modell wird anfänglich für gut empfunden; heutzutage wird darüber jedoch diskutiert, ob es tatsächlich zu einer ausreichenden Unterstützung des Extensionsmoments kommt. Bisher konnte in keiner In-vivo-Studie der

Beweis dafür erbracht werden. (Hodges & Richardson, 1997; Richardson, Hodges & Hides, 2009; McNeill, 2010)

Druck breitet sich in einem abgeschlossenen Flüssigkeitsbehälter nach allen Richtungen gleichmäßig aus, und nicht nur, wie von Bartelink ursprünglich angenommen, nach oben und unten. Eine Druckerhöhung eines Druckbehälters vor der LWS im Bauchraum wirkt daher immer kyphosierend auf die Lendenwirbelsäule. „Bei einer LWS-Flexion - z.B. beim Heben, Vorbeugen - kommt es zu keinerlei Rückstellkräften, die Flexion wird sogar noch weiter intensiviert! Nur bei einer LWS-Extension könnte eine gewisse Rückstellkraft ausgeübt werden." (Gottlob, 2007, S.208)

Als zweiten positiven Effekt wird in der Fachwelt jener der entstehenden Zugkraft entlang der Wirbelsäule diskutiert. Diese Zugkraft wirkt durchaus druckentlastend, ist jedoch aufgrund der geringen intraabdominellen Druckerzeugung nur als minimal einzustufen. Ein entlastender Effekt der intraabdominellen Druckstütze muss somit als relativ klein bewertet werden; eine Unterstützung der Rückenmuskulatur in der Extensionsbewegung ist, gemäß Gottlob, nicht gegeben. (Gottlob, 2007)

> „A variety of core stabilisation techniques, including abdominal bracing, curl-ups, lateral bridges, wall squats and stabilisation exercises using a ball, are used in conjunction with or without ultrasound imaging, although outcome studies have failed to provide clinical evidence for the superiority of any particular technique." (Chon, Chang & You, 2010, S.131)

> „Within the world of core stability research there appears to be two schools of thought perhaps best personalised by Stuart McGill from Canada and Paul Hodges from Australia. Their work frequently references each other as it appears they both produce good science with interesting results that can be applied to the theoretical models that they propose. … and if you have to identify the key area of research for each you may possibly choose spinal biomechanics for McGill and spinal motor control for Hodges." (McNeill, 2010, S.82)

Diese beiden Schulen werden mit ihren Core Stabilisationstechniken, aufgrund des Vorhandenseins von Studien und klinischem Einsatz in der Rehabilitation und Prävention nun näher behandelt.

6.1 Abdominal hollowing

„Abdominal hollowing“, „abdominal drawing-in“ oder „ADIM“ (abdominal draw-in manoeuvre) ist der Ansatz der australischen Forschungsgruppe. (Richardson et al., 1999) Es ist dies die erste fundierte Core Stabilisationstechnik im Core Training. Diese wird im LBP-Therapiebereich Mitte der 1990er Jahre konzipiert und wird bis heute ständig beforscht und weiter entwickelt. Ziel dieser Technik ist die Wiedererlangung der neuromuskulären Kontrolle der LWS-stabilisierenden Muskulatur. Dabei nähert sich der distale Teil des M. rectus abdominis durch Kontraktion des M. transversus abdominis und des M. obliquus internus abdominis der LWS an. (Boyle, 2010a)

> „Abdominal hollowing is specifically the cocontraction of the local system, especially the TrA, multifidi, internal oblique, diaphragm, and pelvic floor musculature, while an individual isometrically contracts and draws in the abdominal wall or navel without movement of the spine or pelvis.” (Faries & Greenwood, 2007, S.13)

Der Fokus dieser Stabilisationstechnik liegt auf dem M. transversus abdominis, da es bei LBP zu einer Dysfunktion dieses Muskels und damit einhergehend zu einer Atrophie der Mm. multifidii kommt. Dabei legen die Forscher/innen der australischen Schule mehr Wert auf die richtige neuromuskuläre Ansteuerung und Kontrolle des M. transversus abdominis als auf eine Erhöhung der Cross Sectional Area (CSA). „Thus, core stabilisation techniques that incorporate the selective motor recruitment of the central core stabiliser, such as the TrA muscle, may be beneficial in the effective management of low back pain.” (Chon, Chang & You, 2010, S.130)

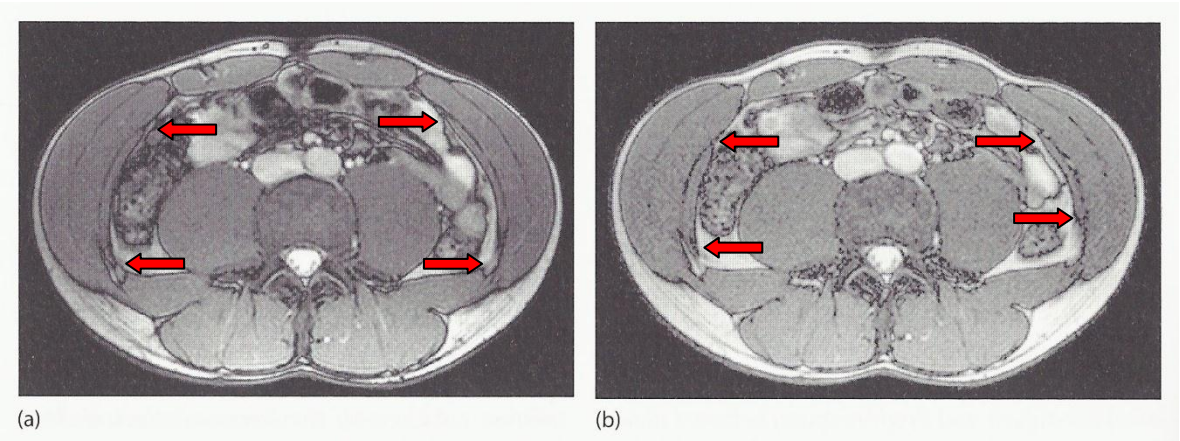

Abb. 6: Querschnitt Bauchraum (modif. nach Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.82)
Kernspintomographische Darstellung eines Querschnitts durch den Bauchraum in Höhe L4, um das Muskelkorsett mit (a) entspannter Bauchdecke und (b) bei Einziehen der Bauchdecke darzustellen. Zu beachten ist die verkürzte Kontraktion beider Muskelbäuche des M. transversus abdominis.

Die Autor/innengruppe rund um Hodges arbeitet schwerpunktmäßig mit diesem Korsett aus M. multifidus, tiefem Blatt der Fascia thoracolumbalis und dem M. transversus abdominis, um das Becken und die LWS bei Gewichtsbelastung direkt stabilisieren zu können. Diese spezifische Aktivierung der tiefen lokalen Muskeln erhöht die Festigkeit der Iliosakralgelenke und hat dadurch einen Effekt auf Schmerzen und Pathologie dieser Gelenke. Durch die Kontraktion des M. transversus abdominis wird ein Zug auf die Fascia thoracolumbalis ausgeübt, die Faszie gespannt, der intraabdominelle Druck erhöht und eine funktionelle Stabilität in der LWS erreicht. Wie bereits im Kapitel „Lokale und globale Muskulatur“ ausgeführt, wird bei gesunden Menschen der M. transversus abdominis Millisekunden vor einer Bewegung der Extremitäten aktiviert, um die LWS zu stabilisieren. Diese Tatsache macht den M. transversus abdominis für die australische Autor/innengruppe zu einem „primary stabilizer“. (Behm et al., 2010; Willardson, 2007b)

Mittels eines Druck-Biofeedback-Geräts wird in der Therapie von LBP-Patient/innen die richtige Ansteuerung des M. transversus abdominis trainiert und auch getestet. Dabei liegt der/die Patient/in in Bauchlage, Arme seitlich abgelegt und Kopf in Mittelposition abgelegt. Das Druckkissen des Druck-Biofeedback-Geräts wird auf 70mm Hg aufgepumpt und unter dem Bauch platziert, wobei der Bauchnabel im Zentrum und der untere Kissenrand auf Höhe der Spina iliaca anterior superior liegt. Der/die Therapeutin beobachtet den Druckanzeiger während der Anweisung „Unterbauch einziehen“. Bei richtiger Aktivierung kommt es zu einer Ko-Kontraktion der lokalen Muskelsynergisten mit beidseitiger Kontraktion und Verkürzung des M. transversus abdominis in seiner inneren Bahn.

Eine korrekte Ansteuerung des M. transversus abdominis beim Einziehen der Bauchdecke zeigt folgende Merkmale:

„1. M. transversus abdominis verkürzt sich und spannt die vordere Bauchfaszie.

2. M. transversus abdominis wird bei Kontraktion im Durchmesser etwas dicker.

3. M. transversus abdominis verstärkt die Taillenbildung (Korsettfunktion).

4. Ausmaße der Mm. obliquus externus abdominis und obliquus internus abdominis bleiben relativ unverändert.

5. Bewegungsmuster sind auf beiden Seiten symmetrisch.“ (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.82)

Die australische Forschungsgruppe arbeitet mit ihrer Core Stabilisationstechnik erfolgreich in der Rehabilitation von LBP-Patient/innen. Wissenschaftlich nachgewiesene Effekte dieser Core Stabilisationstechnik gibt es bis dato nur in der Therapie mit Patient/innen in zumeist liegenden Positionen oder im Vierfüßlerstand. (Richardson et al., 2002)

Eine erste Studie des ADIM bei gesunden, jungen Menschen wird 2010 von Chon, Chang und You durchgeführt. Ziel der Studie ist die Beurteilung des additiven Effekts einer Dorsalflexion und des ADIM in Bezug auf die lumbale Stabilisation und motorischer Kontrollmuster der Bauchmuskulatur. Als Messinstrumente kommen der Ultraschall und das Oberflächen-EMG zum Einsatz. Die Basishypothese ist, dass in der Experimentalgruppe (n=20), welche die Dorsalflexion in Verbindung mit dem ADIM ausübt, ein selektiv höherer Anstieg in der CSA und maximalen Amplitude des M. transversus abdominis zu beobachten sein wird als im Vergleich dazu jener der Kontrollgruppe (n=20), die das ADIM ohne eine solche Dorsalflexion durchführt.

Die Intervention läuft über einen Zeitraum von zwei Wochen, wobei an fünf Tagen pro Woche je eine halbe Stunde das ADIM mit bzw. ohne Dorsalflexion durchgeführt wird. Ultraschall und Druck-Biofeedback-Geräte geben Auskunft über die Aktivierung des M. transversus abdominis; Oberflächen-EMG wird in der Experimentalgruppe zur Messung der Aktivität des M. rectus femoris, M. tibialis anterior und des M. transversus abdominis eingesetzt.

Die Experimentalgruppe führt nach dem ADIM eine Dorsalflexion mit 50% der isometrischen Maximalkraft gegen ein fixiertes Band durch. „As anticipated, the data show that a combination of the ADIM and ankle dorsiflexion is significantly more effective in improving selective motor recruitment and associated thickness of the TrA muscle than the ADIM alone.” (Chon, Chang & You, 2010, S.134) Diese Studie liefert erstmals den Beweis an gesunden, jungen Menschen, dass eine Dorsalflexion als zusätzliche Muskelaktivierung morphologische Veränderungen beim M. transversus abdominis bringt, und durchaus als Erweiterung der ADIM-Core Stabilisationstechnik eingesetzt werden kann.

2002 untersuchen Richardson et al. an 13 gesunden Menschen den biomechanischen Effekt des ADIM und des bracing auf die Laxizität der Iliosakralgelenke. Als Proband/innen werden nur diejenigen ausgewählt, die durch Bauch-einziehen eine M. transversus abdominis-Kontraktion ausführen können und die frei von LWS-Beschwerden sind. Die Teilnehmer/innen werden einmal aufgefordert die hollowing-Methode, durch Einziehen des Unterbauches, und einmal durch maximales Anspannen aller Bauchmuskeln, die bracing-Technik durchzuführen. Beide Core Stabilisationstechniken werden mittels Echtzeitultraschalldarstellung dokumentiert und, um die Ergebnisse quantifizieren zu können, werden mittels eines Oberflächen-EMG die Aktionspotenziale der oberflächlichen Bauchmuskeln registriert. Die Laxizität der Iliosakralgelenke wird durch Dopplerbilder über die Vibrationen dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kontraktionen von M. transversus abdominis und M. multifidus, verbunden mit einer minimalen Kontraktion der oberflächlichen Bauchmuskulatur, die Laxizität der Iliosakralgelenke reduzieren.

In Abb. 7 („Vergleich der Core Stabilisationstechniken“) sind die unterschiedlichen Aktivierungen des M. transversus abdominis in der sonografischen Darstellung erkennbar. Bei der hollowing-Technik (b) verkürzt sich der M. transversus abdominis in der Kontraktion, während der Durchmesser des Muskels nur leicht dicker wird. Durch die Verkürzung in der Kontraktion spannt der M. transversus abdominis die anteriore Bauchfaszie und umschlingt die Taille (Korsettfunktion). Bei der bracing-Technik (c) wird als Zeichen der Aktivierung aller Bauchmuskeln die anterolaterale Bauchwand dicker. Es kommt allerdings zu keiner Spannung der Faszie thoracolumbalis und keiner damit verbundenen Erhöhung der Stabilität im lumbalen Bereich. Richardson et al. behaupten wohl zu Recht: „Wir möchten nochmals betonen, dass das Konzept der verkürzenden Kontraktion des M. transversus abdominis beim Baucheinziehen zurzeit durch unsere funktionelle MRT-Studie abgesichert wird.“ (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.86)

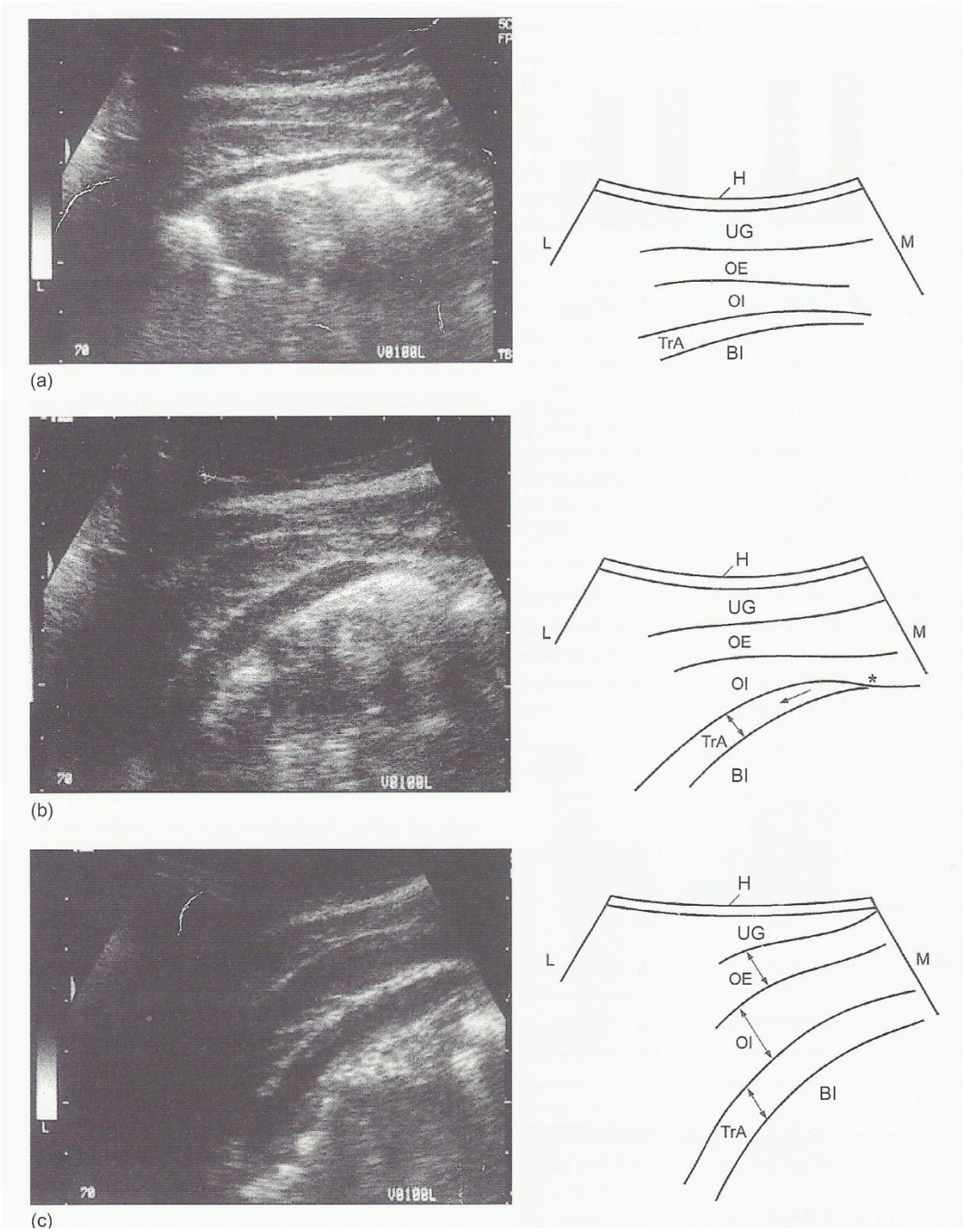

Abb. 7: Vergleich der Core Stabilisationstechniken (Richardson et al., 2002, S.402)

Echtzeitultraschalldarstellung der Muskeln der anterolateralen Bauchwand im Transversalschnitt (a) in entspannter Bauchlage; (b) beim Baucheinziehen; (c) bei maximaler Anspannung.

H, Haut; UG, Unterhautgewebe; OE, M. obliquus externus abdominis; OI, M. obliquus internus abdominis; TrA, M. transversus abdominis; BI, Bauchinhalt; L, lateral; M, medial;

„Wir sind davon überzeugt, dass die Kontraktion des tiefen Muskel-Faszien-Korsetts, eingeleitet durch ein sanftes Einziehen der unteren Bauchdecke bei Aufrechterhaltung der neutralen Wirbelsäulenposition, die Grundstabilität der Lenden-Becken-Region bei Gewichtsbelastungen und besonders bei hohen Lasten unterstützt.“ (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.81)

Dennoch erwähnen Richardson, Hodges und Hides in ihrem Buch die noch andauernde Debatte, in welchem Ausmaß die einzelnen Muskeln zur Stabilität und Kontrolle der Wirbelsäule und der Stellung des Beckens beitragen. „Des Weiteren haben neue Daten gezeigt, dass der TrA bei Extensionsbewegungen der aktivste Bauchmuskel ist. Allerdings muss beachtet werden, dass bei funktionellen Bewegungen keine alleinige Kontraktion von TrA, Diaphragma und Beckenbodenmuskulatur stattfindet, sondern auch die übrigen Bauchmuskeln mitarbeiten.“ (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.44)

Arokoski et al. (2001) vergleichen die Aktivität der Mm. rectus abdominis, obliquus externus abdominis, longissimus thoracis und multifidus während 16 verschiedener Core Übungen in unterschiedlichen Körperlagen (Bauchlage, Rückenlage, sitzend, stehend). Die wichtigste Erkenntnis der Studie ist die simultane Funktion und das ähnliche Aktivierungsmuster der Mm. multifidus und longissimus thoracis, wobei der M. multifidus den lokalen Muskeln, und der M. longissimus thoracis den globalen Muskeln zu zuordnen ist. Somit stehen die Ergebnisse dieser Studie im Widerspruch zur allgemeinen Annahme, dass lokale Muskeln wichtiger für die Stabilisation sind und dass diese Muskeln separat trainiert werden können. „Clearly, there is no single most important core stabilizer that can be trained in isolation.” (Willardson, 2007b, S.44)

> „Some practitioners mistakenly believe that the smaller local muscles are involved primarily with core stability, whereas the larger global muscles are involved primarily with force production. This mistaken belief has prompted ineffective training strategies designed to train the local and global muscle groups separately in nonfunctional positions. For example, the abdominal draw-in maneuver, typically performed in the quadruped or supine body position, has been widely promoted to train the stabilizing function of the transversus abdominis. Although this muscle is a key stabilizer of the lumbar spine, several other core muscles, both local and global, work together to achieve spinal stability during movement tasks.” (Willardson, 2007a, S.980)

6.2 Abdominal bracing

> „No single muscle can be considered the primary stabilizer, and the appropriate combination and intensity of muscle activation is dependent on factors such as posture, external forces, movement velocity, and fatigue. Additionally, as task conditions change, feedback from sensory organs can change the combination and intensity of muscle activation that allows for the optimal combination of spinal stability and mobility. (Holm et al. 2002; Kang et al. 2002; Panjabi 1992).” (Behm et al., 2010, S.94)

Forschungsergebnisse zeigen, dass der M. transversus abdominis ein wichtiger Stabilisator ist, und dass mit Hilfe des ADIM das richtige motorische Aktivierungsmuster wiedererlernt und die CSA des Muskels erhöht werden kann. (Hides, Jull & Richardson, 2001; Richardson et al., 2002) Diese Forschungsarbeiten sind Teil von LBP-Therapien und beinhalten statische Übungen, zumeist in Bauch-/Rückenlage oder im Vierfüßlerstand.

„While isolation exercises for the core musculature might be effective in rehabilitating low back injuries, the specificity of these types of exercises to physical tasks is limited, even when performed dynamically.” (Behm et al., 2010, S.102) Doch selbst dem rein klinischen Einsatz bei LBP widerspricht Gamble, da es hier wieder zu einem Ausschluss vieler anderer wichtiger Muskelgruppen kommt. (Gamble, 2007)

„Many scientists now suggest that a more suitable method of stabilizing the spine may be abdominal bracing, due to its ability to cocontract more abdominal muscles, instead of one muscle, such as the TrA, being activated for stability.” (Faries & Greenwood, 2007, S.15) Faries und Greenwood nennen in ihrem Artikel die Autor/innengruppe Vera-Garcia, die ihrerseits zeigt, dass eine Ko-Aktivierung aller Bauchmuskeln zu einer erhöhten Wirbelsäulenstabilität und einer Reduktion lumbaler Dislozierung nach Belastungen führt.

Diese Core Stabilisationstechnik des „abdominal bracing“ ist der kanadischen Schule, personalisiert in Stuart McGill, zu zuordnen.

> „A brace is different from the hollow in several ways; the brace involves activation of all abdominal muscles to a level that increases torso stiffness. This does not mean that no motion can occur, only that the motion is controlled. Furthermore, abdominal bracing causes the back extensors to become active, which further enhances spine stiffness.” (Grenier & McGill, 2007, S.56)

Dieser etwas neuere Ansatz von McGill scheint sehr vielen Autor/innen plausibel und nachvollziehbar, da sich der relative Beitrag eines Core Muskels zur Stabilisation der

Wirbelsäule in Bewegungen ständig ändert. (Barr, Griggs & Cadby, 2005; Boyle, 2010a; Behm et al., 2010; Cook, 2003; Faries & Greenwood, 2007; Grenier & McGill, 2007; Kibler, Press & Sciascia, 2006; McGill, 2009 & 2010; Willardson, 2007b)

Faries und Greenwood sind der Meinung, dass alle Rumpfmuskeln eine entscheidende Rolle in der Sicherstellung der Wirbelsäulenstabilität haben, und dass diese zusammen arbeiten müssen, um die notwendige Stabilität zu erreichen. Die beiden Autoren gehen sogar einen Schritt weiter und meinen „Hollowing or drawing-in may decrease activation of many muscles that are normally active during dynamic movements, thus preventing the natural abdominal cocontraction of all musculature." (Faries & Greenwood, 2007, S.15)

Etwas vorsichtiger äußern sich dazu Behm et al. in ihrem Werk:

> „No single muscle or structure can be singled out as being most important. The appropriate combination and intensity of muscle activation is dependent on the task demands (e.g., posture, external forces). Abdominal bracing appears to be more effective than abdominal hollowing to stabilize the spine. Therefore, when coaching athletes regarding proper lifting mechanics, abdominal bracing should be emphasized through co-contraction of the abdominal muscles." (Behm et al., 2010, S.94)

2007 veröffentlichen Grenier & McGill eine Studie, die genau diese Thematik untersucht. Anhand acht gesunder Männer im Alter zwischen 20 und 33 Jahren soll die Frage beantwortet werden, welche der beiden Core Stabilisationstechniken - ADIM oder bracing - effektiver zur Stabilisation der LWS sei. Zur Bestimmung des "spine stability index" und der „lumbar compression" werden ein Oberflächen-EMG und ein biomechanisches Modell eingesetzt. Dabei wird das Oberflächen-EMG zur Bestimmung kinematischer Parameter, die in das biomechanische Modell einfließen, verwendet. Der M. transversus abdominis wird in dieser Studie nicht mittels Ultraschall oder Druck-Biofeedback beurteilt, sondern mit Hilfe des Oberflächen-EMG, welches den M. obliquus internus abdominis erfasst, um so indirekt auf die Aktivität des M. transversus abdominis zu schließen.

Die Quantifizierung von Wirbelsäulenstabilität ist eine schwierige Angelegenheit, vor allem weil Ärzte/Ärztinnen und Therapeut/innen oft nicht die technischen Möglichkeiten haben, diese zu ermitteln.

> „Stability, as assessed in this study, is defined as the ability of the spinal column to survive an applied perturbation (known as Euler column stability). If the work done (input energy or disturbance) is greater than the potential energy of the column (energy stored in disks, ligaments, muscles, tendons), equilibrium will not be regained." (Grenier & McGill, 2007, S.55)

Grenier und McGill erarbeiten ein mechanisches Modell zur Simulation der Wirbelsäulenstabilität. Dieses Modell wird aufgrund elektromyografischer und kinematischer Daten entwickelt. Mit einem „3Space Isotrak“ (Messsystem zur Erfassung dreidimensionaler Bewegungen mittels Magnetfelder; Eßers, 2002) ermitteln die Autoren Werte für die Lumbalflexion und -extension, Seitneigung und Rotation. Die durch das EMG ermittelten Messwerte werden mit den Kraftwerten der Rückenextensoren und -flexoren bei MVC normalisiert. Insgesamt werden 14 Muskeln des Rumpfes mittels EMG-Elektroden gemessen. Der M. transversus abdominis wird aufgrund seiner synergistischen Aktivität mit dem M. obliquus internus abdominis in neutraler statischer Haltung im Modell mit berücksichtigt.

Die Testung wird, im Gegensatz zu allen Studien der australischen Forschungsgruppe, in einer funktionellen Position – in einer anatomisch neutralen stehenden Position mit Zusatzgewicht – durchgeführt. Die Testdauer beträgt 25 Sekunden. Diese 25 Sekunden sind wie folgt aufgeteilt: fünf Sekunden entspannen, fünf Sekunden hollowing-in, fünf Sekunden entspannen, fünf Sekunden bracing, fünf Sekunden entspannen. Die vier Variationen sind (1) kein Zusatzgewicht in den Händen („bilateral no lift“); (2) 10kg Zusatzlast in jeder Hand („bilateral lift“); (3) 10kg nur in der rechten Hand; und schließlich (4) 10kg nur in der linken Hand. Per Zufallsprinzip werden diese vier Variationen jeweils 25 Sekunden lang dreimal hintereinander durchgeführt.

„Because pilot work showed that none of our subjects could perform an ideal „hollow” (ie, activating only the transversus abdominis and internal oblique), simulations were also conducted to artificially activate the muscles in an „ideal” way.“ (Grenier & McGill, 2007, S.56) Dieses „pilot work” ist die weiter oben erwähnte Studie von Richardson et. al (2002), in der es um die Zusammenhänge von richtiger Aktivierung des M. transversus abdominis, Iliosakralgelenke und LBP geht. Richardson et al. (2002) ermitteln darin Referenzwerte der MVC der Bauchmuskeln, die Grenier und McGill (2007) in ihrer Studie wiederum verwenden, um mittels Darstellung dieser anhand eines Oszillographen den Proband/innen die richtige hollowing Technik beizubringen. Die Proband/innen üben solange, bis sie die erforderlichen 20% MVC der Mm. obliquus internus abdominis erreicht haben.

Danach kommt es zur Durchführung aller Tests, mit der anschließenden Berechnung der Simulationsmodelle. „The objective of the simulation trials was to artificially adjust

abdominal muscle activity levels to imitate „ideal" hollowing and bracing strategies because subjects could not completely isolate, or preferentially activate, any single abdominal muscle to the extent required." (Grenier & McGill, 2007, S.57) Bei der Simulation der hollowing Technik werden die EMG-Signale der Mm. transversus abdominis und obliquus internus abdominis an ein Aktivitätslevel von 20% MVC und an eines von 2% MVC des M. rectus abdominis angepasst. Bei der Simulation der bracing-Technik werden alle abdominalen EMG-Signale bei einem Aktivitätslevel von 20% MVC gewertet.

Grevier und McGill (2007) kommen zum Schluss, dass die bracing-Stabilisationstechnik immer zu einer größeren Stabilität führt, asymmetrische Belastungen immer größere Stabilität als symmetrische Belastungen hervorrufen und die Kompressionswerte in den beiden Stabilisationstechniken nicht unterschiedlich sind. Die Simulationsdaten unterstützen die in vivo Messergebnisse, dass hollowing zur Unterstützung der Stabilität im lumbalen Bereich der Wirbelsäule nicht so effektiv sei wie bracing. Bracing verbessert die Stabilität der LWS gegenüber dem hollowing um 32% mit einem nur 15%-igen Anstieg der Kompression. Verschiedene Simulationsmodelle, mit Exklusion verschiedener einzelner Bauchmuskeln, werden berechnet und miteinander verglichen. Das Modell, welches bei der bracing-Methode den M. transversus abdominis ausschließt, zeigt eine Erhöhung der Stabilität um nur 0,14% und eine Reduktion der Kompression um weniger als 0,1%.

> „Furthermore, for our subjects, the ability to activate just the transversus abdominis at functional levels was extremely challenging, if not impossible, as evidenced by all other abdominals' electromyographic activity not being silent. This suggested that the attempt to hollow would, in effect, result in some degree of bracing. The fact that the bracing strategy was more effective at stabilizing than the hollowing strategy should not be interpreted as evidence to diminish abdominal hollowing as a tool for training, or retraining the recruitment of the transversus abdominis from a motor control perspective, because this muscle does form a component of the abdominal girdle. However, many therapists and coaches, in our experience, recommend "drawing in" of the abdomen in an effort to increase stability. Based on our results, this appears to be misdirected." (Grenier & McGill, 2007, S.59)

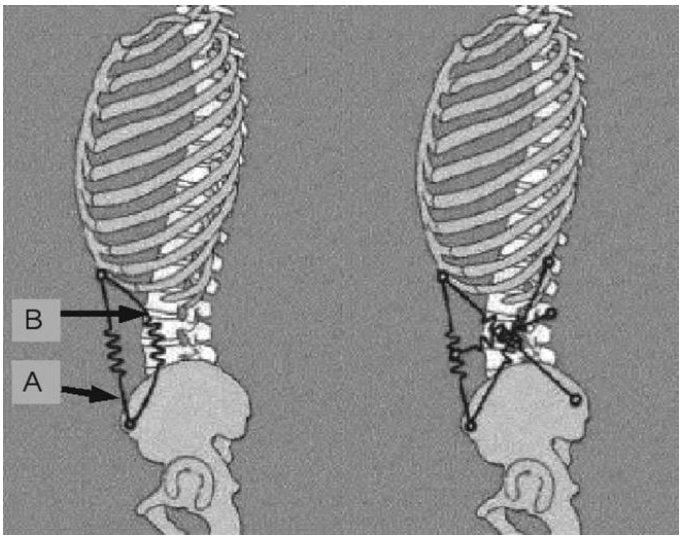

Abb. 8: Hollowing and bracing simulation (Grenier & McGill, 2007, S.58)
In the hollowing simulation, the moment arm of rectus abdominis was reduced by 5cm ("B" in left panel), when compared with the bracing condition (right panel), to account for the change in anatomic geometry. „A" defines the relaxed condition.

Die Grenzen der Studie von Grenier und McGill sind die nicht direkte Messung des M. transversus abdominis; die volle antizipierbare statische Belastung in einer neutralen statischen Haltung und das mechanische Modell zur lumbalen Stabilität, da es in der Literatur noch kaum Quellen zum mechanischen Effekt der Bauchmuskulatur als Beitrag zur Stabilität im lumbalen Bereich gibt. (Grenier & McGill, 2007)

Während die Einen das Lehren des ADIM bei gesunden Athlet/innen für unnötig erachten (Faries & Greenwood, 2007), verfechten die Anderen das ADIM oder die bracing-Methode. Die australische Forschungsgruppe merkt beim bracing an, dass es aufgrund der Aktivierung aller (oberflächlichen) Bauchmuskeln zu einer Depression des Brustkorbs kommt, was wiederum zu einer eingeschränkten Atmungsfunktion führen kann. Kibler, Press & Sciascia (2006) entgegnen indem sie anführen, dass die Aktivierung aller Bauch- und Beckenbodenmuskeln und des Diaphragmas unabhängig von Atmungsaktivitäten stattfindet.

Andere Autoren wie Boyle oder Cook verwenden ein bisschen von beiden Stabilisationstechniken, indem sie ihre Athlet/innen wie folgt anleiten: „Just tell the client to get tall and skinny." (Boyle, 2010a, S.86)

„The drawing-in or abdominal hollowing maneuver may be better suited for static exercises that focus on training the local system, but may be a poor suggestion for activating abdominals during performance tasks where the global system must be active. … It seems that hollowing is being suggested currently for greater TrA activity in a supine position with low back pain patients, whereas abdominal bracing may be more suitable for more dynamic movements and external loading. It has been noted previously that future research will need to investigate whether or not these types of static exercises translate to multiplanar, dynamic situations."(Faries & Greenwood, 2007, S.15)

7 Core Training

„Core training has become a hot topic in the field of sport and fitness training." (Cook, 2003, S.61) Und wie so oft bei diesem Thema, gibt es auch hier keine allgemein gültige Definition von Core Training. „Also the characteristics that distinguish exercises for spinal stability from other forms of resistance exercises have never been made clear." (Behm et al., 2010, S.101) Da eine Vielzahl an Definitionen existiert, wird hier wieder auf Gray Cooks´ Einfachheit und logische Schlussfolgerung zurück gegriffen, im Versuch eine einheitliche Definition zu finden.

„Although many strength coaches and fitness professionals talk about core training, natural core training actually occurs during early childhood development without any coaching. It is a natural phenomenon. Most babies spend about six months doing aggressive core training before taking their first steps, mostly by practicing moving their spines and hips. Only after mastering movement of the spine and hips do they develop greater levels of control. They roll, push up onto their elbows, then eventually push up onto all fours. They crawl and attempt to stand, only to fall and try again. All of these simple little movements build and develop the core. Babies do not perform multiple repetitions trying to build strength because core training is not about strength. It´s about stability and coordination." (Cook, 2003, S.61)

Dieses Zitat von Cook beschreibt sehr klar und einfach die Thematik Core Training – Core Training in seiner ursprünglichsten Form, wie es von uns Menschen seit je her praktiziert wird. Bei dieser Form des Core Trainings werden jene Muskelgruppen trainiert, die auch in den ersten ursprünglichen Rumpf- und Core Trainingskonzepten, rund um die australische Forschungsgruppe trainiert werden.

Inhaltlich betrachtet ist Core Training in den späten 1990er Jahren tatsächlich das, was ein Baby in den ersten Monaten seines Lebens an Bewegungen ausführt, ehe es dann zu gehen lernt. Bis zu diesem Zeitpunkt rollen sie, stützen sich auf ihre Unterarme, drücken sich in den Vierfüßlerstand, krabbeln und versuchen auf beiden Beinen zu stehen. Sie trainieren ihre Core Muskulatur, aber nicht mittels spezieller Übungen und genau vorgegebener Wiederholungszahlen, um einen Kraftzuwachs zu erzielen, sondern sie verbessern ihre Stabilität und Koordination durch motorisches Lernen. „Simply speaking, if you train the muscle you may not completely develop the movement, but if you train the movement the muscle will develop appropriately." (Cook, 2003, S.30)

Babies trainieren keine Reaktivsprünge, oder heben mit Wasser gefüllte Gymnastikbälle vom Boden und stemmen diese über Kopf – wie in einigen neueren Core Trainingskonzepten proklamiert. „Two excellent examples of core training are basic yoga and the mat work developed by Joseph Pilates. Both forms of exercise are popular because they are basic, no-nonsense approaches that demand more strength from the core than the extremities." (Cook, 2003, S.62)

Hedrick führt dieses motorische Lernen bei Kindern mit dem Prozess „proximal-to-distal-development" weiter fort. Demnach entstehen erste grobmotorische Bewegungsmuster im Rumpf, und entwickeln sich nach distal zu den Extremitäten, wobei sie in ihrer Form feiner werden. Diese proximal-distale-Entwicklung führt zu einer besseren Nutzung der oberen und unteren Extremitäten und ermöglicht den Kindern effiziente und kraftvolle Bewegungen. (Hedrick, 2000)

Interessanterweise findet sich in der Literatur keine einzige Abhandlung über die Einordnung von Core Training in der Trainingswissenschaft.

Nach Meinung des Autors ist Core Training eine Trainingsmethode, da dieses ein einzusetzendes Verfahren darstellt, um mithilfe von Trainingsübungen zielgerichtet, planmäßig und effektiv Fortschritte in der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft zu erreichen. (Schnabel, Harre & Krug, 2008)

Aufgrund der weiter unten angeführten geringen Trainingsintensität im Core Stability Bereich (1-25% MVC) ist Core Training demzufolge eine Trainingsmethode des Ausdauertrainings, mit dem Ziel, die Mitochondriendichte zu erhöhen und den aeroben Energiestoffwechsel zu verbessern. Core Strength Trainingsprogramme, mit einer

Intensität von 30-60% MVC sind hingegen eine Trainingsmethode des Krafttrainings. Folglich ist Core Training, mit den unterschiedlichen Intensitätsbereichen Core Stability und Core Strength, eine Trainingsmethode sowohl des Ausdauer- als auch des Krafttrainings. Im Ausdauerbereich ist das Training zur Wirbelsäulenstabilisation (Core Stability) aufgrund der geringen Intensitäten und des geringen Einsatzes an Muskelmasse eine Trainingsmethode der lokalen Ausdauer. Im Krafttrainingsbereich ist Core Training (Core Strength) eine klassische Kraftausdauermethode. (Schnabel, Harre & Krug, 2008)

„Typically, programmes are designed to: increase joint range and muscle extensibility; improve joint stability; enhance muscle performance; optimize movement function." (Hibbs et al., 2008, S.1002)

Diese Programme haben folgende Trainingsinhalte:

- „joint stability exercises"
- „contraction exercises (concentric, eccentric and isometric)"
- „balance training"
- „perturbation (proprioceptive) training"
- „plyometric (jump) exercises"
- „sport specific skill training"

(Hibbs et al., 2008, S.998)

Nach Ansicht des Autors und basierend auf vorangegangenen Definitionen von Core, Core Muskulatur und Core Training sind die von Hibbs et al. dargestellten Inhalte „plyometric exercises" und „sport specific skill training" nicht mehr Inhalte des Core Trainings, sondern schon Inhalte von anderen Trainingsmethoden, wie beispielsweise dem Functional Training. Diese Gliederung von Hibbs et al. (2008) wird hier angeführt, weil diese Autoren/innengruppe eine der wenigen ist, die die verschiedenen Inhalte von Core Training anführt.

Um näher auf die einzelnen Inhalte des Core Trainings eingehen zu können, werden zunächst die vier Funktionen der Rumpfmuskulatur erläutert.

- Stabilisation ist die wichtigste Funktion der Rumpfmuskulatur und sollte daher in jedem Trainingsprogramm zu Beginn des Zyklus eingebaut werden. Stabilisation kann in drei Positionen trainiert werden: stehend; im Seitstütz; und im Vierfüßlerstand.
- Lateralflexion
- Rotation, welche gerade in vielen Sportarten eine große Rolle spielt (Schlagen oder Werfen eines Balles).
- Gerade Flexion des Oberkörpers; eine Bewegung die vor allem im Sport sehr selten vorkommt.

(Boyle, 2010b)

Cook fasst diese Funktionen der Rumpfmuskulatur auf zwei wesentliche zusammen: „anti-extension“ und „anti-rotation“. (Cook, 2003)

„Core musculature functions differently than limb musculature in that core muscles often cocontract, stiffening the torso such that all muscles become synergists. Training the core means training it differently than the limb muscles.” (McGill, 2010, S.33) Ein wesentlicher Unterschied der Rumpfmuskulatur zur Extremitätenmuskulatur ist die Funktion. Die Funktion der Rumpfmuskulatur ist wesentlich komplizierter, da die Bauchmuskeln auch Atem- und evtl. sogar viszerale Stützfunktionen wie beispielsweise die Kontinenz haben.

Die meisten Core Trainingsprogramme konzentrieren sich zu sehr auf die alleinige Beugung und Streckung des Oberkörpers und lassen seitliche Bewegungen, Stabilisation und den Faktor Geschwindigkeit außer Acht. (Boyle, 2010b)

Viele Trainingskonzepte beinhalten auch keine „low-load motor control exercises”, obwohl diese einen wichtigen, und teilweise auch mittels Studien belegbaren Effekt auf die propriozeptiven Systeme des Körpers haben. (Hibbs et al., 2008) Sekendiz, Cug und Korkusuz sprechen sich für die Inklusion des lokalen als auch globalen Muskelsystem aus: „Both types have similar activity patterns and simultaneous neuromuscular function during different tasks where both are important for spinal stability.” (Sekendiz, Cug & Korkusuz, 2010, S.3032)

Hibbs et al. liefern dafür die Erklärung über die motorischen Einheiten der Muskulatur:

> „… fast movements recruiting the fast motor units in the muscles when performing a movement optimally. Slow motor units of the muscle are utilized during low-threshold recruitment in postural sway and movements involved with unloaded limbs. It is important for optimum motor control to train both the fast and slow motor units in a muscle to optimize core stability and core strength." (Hibbs et al., 2008, S.1000)

Diese „low-intensity exercises" für das lokal stabilisierende System verlangen ein hohes Maß an Konzentration. Gamble (2007) ist der Meinung, dass diese Übungen täglich, in Form einer eigenen Einheit in einer ruhigen Umgebung, durchgeführt werden sollen. Die etwas funktionelleren, dynamischeren „high-intensity exercises" können in das normale Krafttraining integriert werden.

Diese Trennung des Core Trainings ist nach Meinung von Willardson falsch:

> „A common misconception is that the local and global muscles can and should be trained separately. … Such statements are in contrast to research that has clearly demonstrated the synchronized function of both local and global muscles during a wide variety of movement tasks." (Willardson, 2007b, S.43)

„The objective of these exercises is to develop motor control of the lumbar spine stabilizers and proprioception, particularly the ability to sense lumbar spine positioning and orientation of the pelvis." (Gamble, 2007, S.62)

Aufbauend auf den zuvor gefundenen Definitionen von Core und Core Training, sowie der Festlegung von Core Muskulatur soll hier nun eine eigenständige Definition von Core Training gefunden werden.

Core Training ist eine Trainingsmethode des Ausdauer- und Krafttrainings, die die Core Muskulatur entsprechend deren Funktionen, vor allem „anti-extension" und „anti-rotation" trainiert. Trainingsinhalte sind sowohl isolierte „low-load exercises" zur Verbesserung der motorischen Kontrolle und Stabilität der Wirbelsäule (Core Stability), als auch funktionelle „high-load exercises" zur Optimierung der Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften (Core Strength).

Diese Core Übungen verlangen in der Regel auch keinen hohen Geräteaufwand, abgesehen von diversem speziell entwickelten Core Equipment, wie Gymnastik- und Medizinbälle, Kurzhanteln, Matten und Wackelbretter. (Hibbs et al., 2008)

Die Intensität im Core Training ist von der Muskelfaserzusammensetzung der Core Muskulatur abzuleiten. In den Mm. erector spinae, multifidus und longissimus thoracis bei gesunden Menschen beträgt der Anteil an aeroben Typ I Muskelfasern rund 80%. (Behm et al., 2010) Die absolute Kraft, Leistung und das Hypertrophiepotential dieser Muskeln ist aufgrund der geringen Anteile an Typ II Muskelfasern, wie beispielsweise im M. erector spinae (rund 35%) im M. multifidus (38%) und M. longissimus thoracis (44%) limitiert. (Behm et al., 2010; Richardson, Hodges & Hides, 2009)

Basierend auf dem hohen Anteil an Typ I Muskelfasern scheint die Core Muskulatur gut auf mehrere Sätze mit einer hohen Wiederholungsanzahl und geringer Intensität zu reagieren. (Behm et al., 2010) Richardson, Hodges und Hides (2009) geben für das Training der lokal stabilisierenden Muskulatur eine Intensität von nicht mehr als 30% MVC an. McGill spricht beim Core Training von einer „endurance and motor control challenge - not a strength challenge", und schlägt daher „very modest levels of co-activation" bis zu 25% MVC vor. (McGill, 2010) Davidson und Hubley-Kozey führen 3-7% MVC zur Trunk Stability an (Davidson & Hubley-Kozey, 2005; zit. nach Hibbs et al., 2008); Lehman sieht bereits bei 1-3% MVC Effekte in der Wirbelsäulenstabilisation (Lehman, 2006; zit. nach Hibbs et al., 2008); Vezina und Hubley-Kozey legen den Mindestreiz bei Core Stability Programmen mit rund 25% MVC, und rund 60% MVC bei Core Strength Trainingsprogrammen fest. (Vezina & Hubley-Kozey, 2000; zit. nach Hibbs et al., 2008) Borghuis, Hof und Lemmink (2008) führen detailliertere Werte zur Intensitätsangabe an: Training der Bauchmuskulatur mit 5% MVC erzielt Trainingseffekte, die eine ausreichende Stabilität der Wirbelsäule im alltäglichen Leben garantieren; ein Training mit 10% MVC schafft genügend Stabilität für „rigorous activities"; und eine Trainingsintensität von 25% MVC im Training der Rückenmuskulatur bringt hier Trainingsergebnisse hervor, die eine „maximal joint stiffness" ermöglichen.

Die Trainingshäufigkeit geben Hedrick (2000) und Gamble (2007) mit täglich an, da, wie weiter oben dargestellt, die Core Muskulatur zum überwiegenden Teil aus langsamen, aeroben Typ I Muskelfasern besteht und bei richtig dosiertem Training keine hohen Intensitäten entstehen. Dabei soll das Core Training, sofern nicht die ganze Trainingseinheit aus Core Training besteht, jeweils zu Beginn einer Trainingseinheit eingebaut werden. Argumente wie jenes, dass die dringend benötigte Rumpfmuskulatur im Training nicht ermüdet sein soll, lässt Boyle nicht gelten, da Rumfkrafttraining für ihn eine

zentrale Stellung im Training einnimmt. Grundsätzlich soll dieses daher am Anfang stehen, da es der Hauptbestandteil im Training mit seinen Athlet/innen und keine freiwillige Ergänzung am Ende der Einheit ist. (Boyle, 2010b)

Willardson empfiehlt den Schwerpunkt während der Saison und in der Vorbereitungsphase auf Core Strength und Power zu legen, da „… the majority of sports skills are ground based, with moderate degrees of instability, resistance exercises should be prescribed likewise for the highest possible transfer to occur." (Willardson, 2007a, S.984) In der Übergangsperiode soll der Fokus auf Core Endurance gerichtet sein. „Resistance exercises performed on a Swiss ball involving isometric muscle actions, small loads, and long tension times are effective for this purpose." (Willardson, 2007a, S.984)

Hedrick listet in seinem Artikel einige Trainingsprinzipien für das Core Training auf:

- „Correct technique"
- „Initiate trunk training with low intensity."
- „Pay special attention to any exercise that causes extreme flexion (beyond 45°)."
- „Always train opposing muscle groups equally to prevent muscle imbalances."
- „Perform a variety of exercises and rotate the selection periodically."

(Hedrick, 2000, S.52f)

7.1 Progressionen im Core Training

Rumpfkrafttraining muss im Schwierigkeitsgrad gesteigert werden. Die Steigerung erfolgt eher über die Wiederholungszahl, längeres Halten und das Ausführen technisch anspruchsvoller Übungen als über das Einbinden von Zusatzgewichten. (Boyle 2010b, S.104)

Generell wird vorgeschlagen, dass zu Beginn eines jeden Core Trainingsprogramms „awareness of motor control patterns" und die richtige Rekrutierung von Muskeln in Isolation erarbeitet werden sollen. Speziell bei LBP-Patient/innen ist zu Beginn das Wieder-Erlernen der motorischen Kontrolle über inhibierte Muskeln wichtig. (Akuthota & Nadler, 2004) „The progression of training in the core musculature typically and currently works from the inside out. Training focuses on optimizing the function of the local system

before emphasizing movements that utilize the global system.“ (Faries & Greenwood, 2007, S.17)

Jeffreys (2002) beschreibt sechs Levels im Core Training mit seinen Athlet/innen:

- Level 1: „mastery of core contraction”: „Athletes are required to actively master contracting and holding the core contraction.” (Jeffreys, 2002, S.66) Dabei werden Seile um die Taille gewickelt, um die Kontraktion und vor allem das Halten dieser besser zu veranschaulichen. Der/die Athlet/in wird ermutigt, die Kontraktion der Core Muskulatur in sein/ihr Alltagsleben aktiv einzubauen. „Trigger points“, wie beispielsweise das Läuten einer Glocke werden im Alltag gesetzt. Jedes Mal, wenn der/die Athlet/in diesen im Alltag begegnet, ist er/sie angehalten eine Kontraktion des Rumpfes durchzuführen.
- Level 2: „static holds and slow movements in a stable environment”: statische Rumpfpositionen werden mit leichten und kontrollierbaren Bewegungen, wie beispielsweise einer Kniebeuge verbunden. Ziel ist es, die Spannung in der Core Muskulatur zu halten und zu kontrollieren. Das Ende dieses Levels sind Übungen mit leichten Widerständen von einem Partner.
- Level 3: „static holds in an unstable environment and dynamic movement in a stable environment”: In diesem Level kommt instabiles Equipment erstmalig zum Einsatz. Denn erst jetzt erkennen die Athlet/innen den Sinn von instabilem Equipment und haben die notwendige motorische Kontrolle, um von diesem Equipment profitieren zu können. Statische, progressiv steigernde Positionen auf instabilem Equipment und dynamische Bewegungen auf stabilem Untergrund sind Inhalte dieses Levels.
- Level 4: „dynamic movements in an unstable environment”: Rotationsbewegungen auf Gymnastikbällen; Übungen auf stabilem Untergrund werden dynamischer und sportartspezifischer.
- Level 5: „resisted dynamic movement in an unstable environment”: Mit Hilfe von Medizinbällen, Gummibändern und anderen dynamischen Reizen wird die Sportartspezifität weiter erhöht. Die Übungen auf festem Untergrund werden weiter spezialisiert, noch dynamischer und mit Widerstand versehen. Dies steigert neben der Leistung vor allem die Core Stability und die motorische Kontrolle.

Der Fokus aller Übungen in diesen Levels ist primär auf die Qualität in der Bewegung gerichtet. Wird diese nicht erreicht, so kommt es zu einer Rückstufung in ein niedrigeres Level. (Jeffreys, 2002, S.66)

Eine etwas einfachere Progression verwenden Stephanson und Swank (2004) in ihrem „Core Training for anyone“. Begonnen wird mit Beweglichkeitsübungen und Übungen auf instabilem Untergrund, da nach Meinung der Autoren der Alltag auch auf instabilem Untergrund stattfindet („slip, fall, miss a step, …“). Darauf aufbauend werden Stabilisationsübungen auf instabilem Untergrund durchgeführt, ehe dann Krafttraining mit hohen Wiederholungszahlen (30 Wiederholungen, drei Sätze) unter Verwendung des eigenen Körpergewichts auf festem Untergrund absolviert wird. Die letzte Stufe, Krafttraining mit Zusatzgewichten auf instabilem Untergrund wird nur dann erreicht, wenn der/die Athlet/in in der Lage ist, mehr als 100 (!) Wiederholungen mit dem eigenen Körpergewicht zu verrichten. Nach Ansicht des Autors sind 100 Wiederholungen pro Übung eindeutig der Ausdauerkraft und nicht mehr der Kraftausdauer zu zuordnen. (Schnabel, Harre & Krug, 2008)

Traditionelle Kraftübungen können, um den Bereich der Core Stability hervor zu heben, modifiziert werden. Solche Modifikationen können sein: „performing exercises on unstable rather than stable surfaces“, „performing exercises while standing rather than seated”, „performing exercises with free weights rather than machines”, und „performing exercises unilaterally rather than bilaterally”. (Willardson, 2007a, S.984)

„Functional progression is the most important aspect of the core-strengthening program, which includes performance goals, a thorough history of functional activities, varied assessments, and training in all 3 planes of motion.” (Faries & Greenwood, 2007, S.17) Funktionelles Rumpfkrafttraining sollte in einer Haltung erfolgen, die sportspezifisch oder besser sporttypisch ist – im Stehen. Dazu sind Wurfübungen mit dem Medizinball und Übungen am Kabelzug am effektivsten. (Boyle, 2010b)

Wichtiges Ziel im Core Training ist die Integration aller drei Ebenen in eine Bewegung, anstatt die Bewegung isoliert in einer Ebene, am Boden oder an einer Maschine auszuführen. Diese Integration führt zu einer ganzheitlichen, freien Bewegung in der kinetischen Kette. Es ist in diesem Fall nicht die Kraft, sondern die Koordination, die die Bewegung effizient und effektiv werden lässt. (Hedrick, 2000)

> „Our core programming has changed every year for the past seven or eight years. All the changes were and are based on the latest research. We have used the knowledge of Paul Hodges, Stuart McGill, Shirley Sahrmann, Mark Comerford and others to improve the health and performance of our athletes." (Boyle, 2010a, S.85)

7.2 Exkurs: Crunches und Sit-Ups

Die evolutionäre Entwicklung des menschlichen muskulo-skeletalen Systems verlangt über die Zeit eine langsame Anpassung der Muskeln und Knochen an ihre Funktion, sodass der Körper bei funktionellen Tätigkeiten aufrecht gehalten werden kann. Die vermehrt flektierte statische Haltung im Sitzen und Stehen tritt ein, wenn Menschen der Schwerkraft nachgeben und eine entspannte Haltung einnehmen, indem sie sich in den passiven Strukturen ausruhen. Die Muskeln der Rumpf- und Hüftextensoren werden ausgeschaltet, was im Lauf der Jahre zu einer Dominanz der Rumpf- und Hüftflexoren führt. Die rumpf- und hüftextendierende Muskulatur ist somit nicht mehr in der Lage, den Körper aufzurichten und ein Zusammenfallen in die Flexion zu verhindern. Es kommt neben der Schädigung der passiven Strukturen zu einer Veränderung der motorischen Kontrolle. (Boyle, 2004; Cook, 2003)

Schwerwiegender sind die physiologischen Adaptionen in der Muskulatur, die Haltungsveränderungen und damit die Entwicklung von Pathologien begünstigen.

> „Das Hauptproblem sind Veränderungen im Längen-Spannungs-Verhältnis bei Muskeln, die durch die Belastung der Schwerkraft verlängert werden (z.B. M. gluteus maximus). Es wird als anerkannt betrachtet, dass die eingelenkigen Extensoren sukzessive schwächer werden, und durch die zusätzlichen Sarkomere an Länge zunehmen, was in den Längen-Spannungs-Kurven sichtbar wird. Dies beeinflusst die Fähigkeit dieser Muskeln, in verkürzter Stellung zu kontrahieren und damit die Lenden-Becken-Region zu unterstützen." (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.114)

Untersuchungen der australischen, als auch der kanadischen Schule zeigen, dass der M. multifidus ausgeschaltet wird, wenn es zu einer länger andauernden Flexion der Lendenwirbelsäule kommt. Anzunehmen ist, dass hier die gesamte Zeit der Flexion maßgebend ist, wobei eine länger andauernde flektierte Haltung am Stück vermutlich schwerwiegendere Folgen hat, als die Summe einzelner hintereinander abfolgender Flexionsbewegungen, wie dies beispielsweise bei einem Crunch oder Sit-Up der Fall ist.

Ein Crunch unterscheidet sich von einem Sit-Up hinsichtlich des ROM und der involvierten Muskulatur. Der Sit-Up, aus dem Englischen „Aufrichten“, ist gekennzeichnet von erhöhten LWS-Belastungen und erheblicher Hüftbeuger-Aktivität beim vollständigen Aufrichten aus der Rückenlage in eine sitzende Position. Der Crunch, aufgrund des kleineren ROM, erreicht nur eine vollständige Verkürzung der ersten drei Kompartimente des M. rectus abdominis und verzeichnet keine so starke Hüftbeuger-Aktivität wie beim Sit-Up. (Gottlob, 2007)

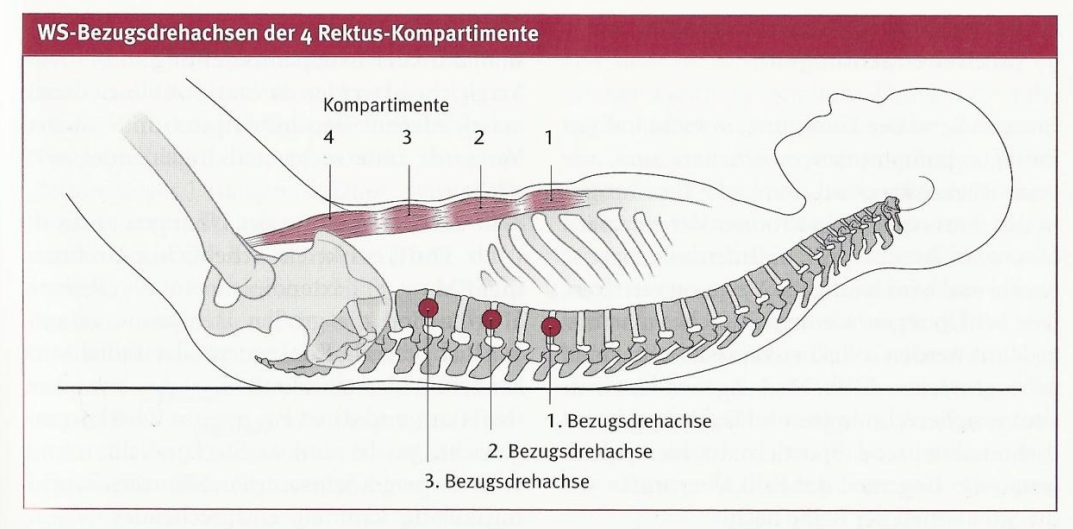

Abb. 9: Wirbelsäulen-Bezugsachsen (Gottlob, 2007, S.261)
Vier Rektus-Kompartimente mit ihren drei Bezugsdrehachsen

Crunches und Sit-Ups verursachen erhöhte Kompressionen in der LWS; bringen die Trainierenden wieder in die Flexionshaltung, in welcher sie sich meist ohnehin die überwiegende Zeit des Tages befinden; verfestigen die sehr oft vorhandenen muskulären Dysbalancen in der Rumpfflexions- und Extensionsmuskulatur; verändern die motorische Kontrolle der Rumpfmuskulatur; können gesundheitsschädliche Folgen hervorrufen und sind in keinster Weise funktionell. (Akuthota & Nadler, 2004; Boyle, 2010a; Gamble, 2007; McGill, 2010; Richardson, Hodges & Hides, 2009; Willardson, 2007b)

> „Function of anterior core is absolutely not flexion. When does anyone ever do anything in real life that looks like a crunch? … Ideally we need an anterior core exercise that doesn´t involve flexion. Function of the anterior core is the prevention of extension.” (Boyle, 2010a, S.88)

> „Some believe that repeated spine flexion is a good method to train the flexors. Interestingly, these muscles are rarely used in this way because they are more often used to brace while stopping motion. Thus they more act as stabilizers than flexors." (McGill, 2010, S.33)

Trotz all dieser hier angeführten Zitate und Gefahren für die LWS, bestehen sehr viele Core Trainingsprogramme aus einem großen Anteil aus Crunches und Sit-Ups. Nach Meinung des Autors, die sich auf eine jahrelange Erfahrung als Fitness- und Personal Trainer stützt, erfreuen sich isolierte Crunches und Sit-Ups in Fitnessstudios nach wie vor größter Beliebtheit – egal ob als Trainingsinhalt für das „Sixpack-Training" oder zur Kräftigung der Körpermitte, um (vermeintlich) Rückenschmerzen vorzubeugen. Einen möglichen Erklärungsansatz hierfür liefern Behm et al.: „Isolation exercises are commonly observed in the popular media because they are regarded as easy to teach and learn, and sensing the targeted muscle group working might be motivating the participant." (Behm et al., 2010, S.101)

Mehrgelenkige Bauchmuskelübungen sind besser als isolierte Crunches oder Sit-Ups, da die Anforderungen an Koordination, Stabilität und motorisches Lernen viel höher sind. Durch ihre Funktionalität und die Aktivierung ganzer Muskelschlingen sind diese funktionellen Bauchmuskelübungen bei richtiger Ausführung weniger gefährlich für die LWS und entsprechen exakt den zwei wichtigsten Funktionen der Rumpfmuskulatur: „anti-extension" und „anti-rotation". (Akuthota & Nadler, 2004; Boyle, 2010a; Cook, 2003; Gottlob, 2007; McGill, 2010)

Beispielhaft sollen hier einige funktionelle Bauchmuskelübungen angeführt werden.

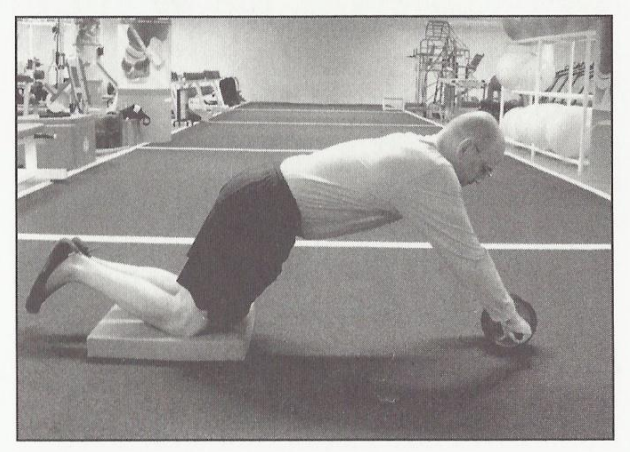

Abb. 10: Wheel Rollout (Boyle, 2010a, S.89)

Abb. 11: "Stir the pot" exercise (McGill, 2010, S.38)

(a) Curl-up over a gym ball motions stresses the discs, mimics a potent disc injury mechanism, and unwisely uses pain-free training capacity. (b) The ''stir the pot'' exercise spares the painful discs of motion and builds abdominal athleticism.

Abb. 12: Slamball exercise (McGill, 2010, S.44)

Composite exercises such as whirling a slamball overhead challenges strength and endurance of the core about all 3 axes. When we add pulses at 12 o'clock, 6 o'clock, and so on, it becomes a favorite for training Ultimate Fighting Championship fighters who need tremendous core control endurance and strength but then must develop very rapid pulses for strikes and kicks.

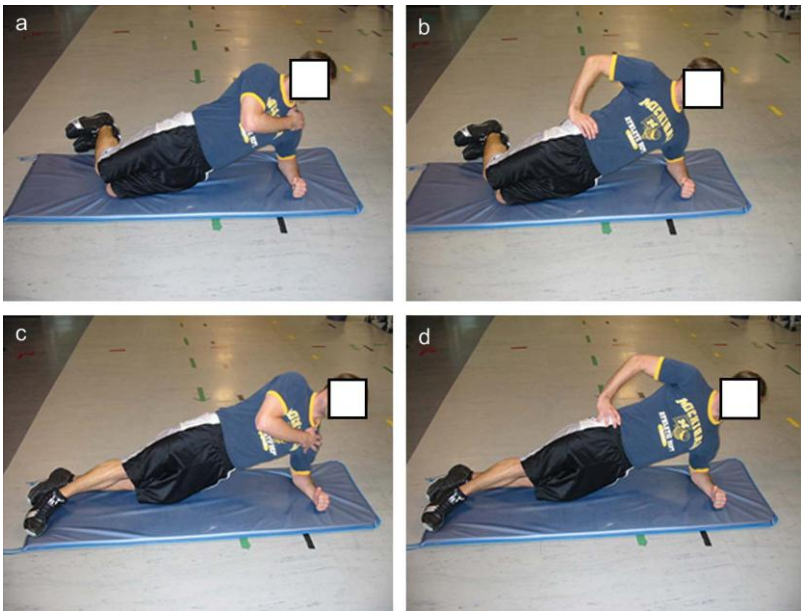

Abb. 13: Side bridge mit Progressionen (McGill, 2010, S.80)

The beginner's side bridge (a) is held for sets of 10-second contractions before more challenging progressions are attempted (b–d). Challenge is added by bridging from the feet and adding more mass to the bridge with arm placement.

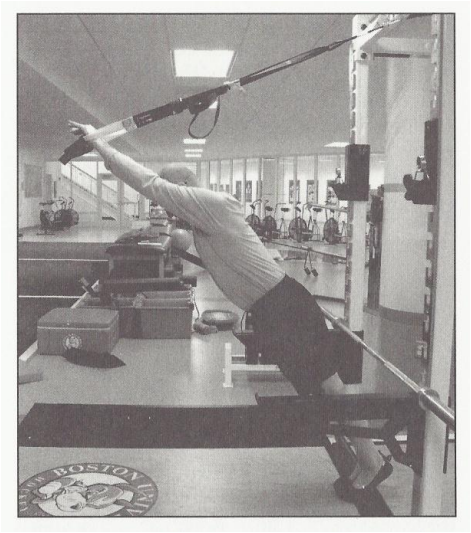

Abb. 14: TRX Rollout (Boyle, 2010a, S.90)

„A good abdominal core program is a lot more than crunches." (Boyle, 2010a, S.110)

8 Messbarkeit

In diesem Kapitel werden verschiedene Messverfahren zur Messung von Core Ability vorgestellt. Dabei wird, wie meist auch in der Literatur, nicht explizit zwischen Messsystemen zur Erfassung von Core Strength oder Core Stability unterschieden. Sehr wohl wird zwischen Messverfahren im rehabilitativen und athletischen Bereich differenziert. (Hibbs et al., 2008)

Der Schwerpunkt in dieser Arbeit liegt mit der Erläuterung des Core Stability Tests nach Liemohn et al. (2010), dem Swiss Olympic Rumpfkrafttest, dem Y Balance Test und dem Star Excursion Balance Test (SEBT) im athletischen Bereich. Der Druck-Biofeedback Test der australischen Schule wird beispielhaft für den rehabilitativen Sektor erklärt.

Die hier vorgestellten Messsysteme für den „athletic sector“ sind ausschließlich dynamische Testverfahren. Isolierte isometrische Tests, wie beispielsweise der Pronequadra-Ped Core Test (Oliver & Brezzo, 2009), der Swiss ball prone stabilization core stability test (SBPSCST) (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004), der Sahrmann core stability test (Boyle, 2010a; Cook et al., 2010; Sato & Mokha, 2009; Stanton, Reaburn & Humphries, 2004) und die vier isometrischen Tests von McGill [extensor test (back extensor test), flexor test (abdominal fatigue test), side bridge tests; 2009] werden ausgespart, da diese nicht den propriozeptiven dynamischen Anforderungen der motorischen Kontrolle des Core entsprechen. (Cook et al., 2010)

Kraftmessverfahren können entsprechend der Messmethodik in drei Kategorien unterteilt werden:

- Isoinertial: (auch isotonisch genannt) Die meisten Bewegungen im Sport sind Beschleunigen und Abbremsen konstanter Massen. Deshalb beinhaltet die Mehrzahl der Bewegungen im Sport die Entwicklung von isoinertialer Kraft. („inertia“: aus dem Englischen „Masseträgheit“)
  (a) Gewichte heben: meist 1RM (repetition maximum)
  (b) eigene Körpermasse:
    - Beschleunigung der eigenen Körpermasse (Squatjump, Dropjump)
    - statisches, dynamisches Halten der eigenen Körpermasse gegen die Schwerkraft (Grundkraft Rumpf)

(c) Wurf von Gegenständen

- Isokinetisch: mit konstanter Bewegungsgeschwindigkeit
- Isometrisch: mit konstanter Gelenkswinkelstellung
  (a) Maximale Kraft (MVC)
  (b) Kraftanstieg (Kraftentwicklung während den ersten 60-100ms)

(Tschopp, 2003)

8.1 Core Stability Test nach Liemohn et al.

„Even though Hibbs et al. (2008) have recently stated that there is no gold standard for measuring CS, we believe that our test warrants consideration." (Liemohn et al., 2010, S.578) Die Autor/innengruppe rund um Liemohn führt 2005 erstmals Tests zur Messung von Core Stability durch. Fünf Jahre später starten sie mit technisch weiter entwickeltem Gerät und einem leicht abgeänderten Testprotokoll erneut Messungen, um ihre ersten Forschungsergebnisse zu revalidieren.

In der Analyse des 1989 publizierten Werkes „Dynamic lumbar stabilization program" vom San Francisco Spine Institute erscheinen Koordination und Balance als Schlüsselelemente im Core Training. Liemohn et al. machen es sich 2005 zur Aufgabe, eine aus vier Items bestehende Testbatterie und ein dazugehöriges Messverfahren zu entwickeln „… to maximize internal consistency and stability reliabilities." (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.583)

Hauptzweck der Forschungsarbeiten ist die Entwicklung eines Messverfahrens zur Quantifizierung von Core Stability, wobei die Autor/innen hier den Begriff Core Strength in jenen der Core Stability mit einschliessen. Dazu verwenden sie eine sehr sensible Stabilitätsplattform, die ursprünglich für Messungen im aufrechten Stand konzipiert wurde. Für die vier unterschiedlichen Körperpositionen dieser ersten Testreihe reicht die Größe der Plattform gerade aus, obwohl nicht alle Teile des Körpers auf der Platte deren Auflage finden, wie in Abb. 15 ersichtlich.

Abb. 15: Quad arm raise (parallel) (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.584)
In this test, the subject alternately raises each arm in concert with the metronome (i.e., each arm is raised 20 times to shoulder level in each 30-second test).

Es wird hier für den/die Leser/in der ganze Testablauf zur Reliabilitätsfindung nachvollzogen, um anhand der Zunahme und Stabilität der Reliabilitätswerte mit fortlaufender Testdauer ein Gefühl für den Effekt des motorischen Lernens bei Tests zu bekommen. Dieses Gefühl soll ein Bewusstsein schaffen, das Bewerten von Studienergebnissen zu erleichtern, wenn, wie beispielsweise in der Studie von Dannelly et al. (2011), lediglich drei Versuche (keine Angabe über die Durchführung von Probeversuchen!) beim SEBT durchgeführt werden.

16 gesunde Student/innen (neun Männer, sieben Frauen) nehmen an der Studie Teil, und absolvieren vier verschiedene Tests („kneeling arm raise“, „quad arm raise (parallel)“, „quad arm raise (perpendicular)“, „bridging“) an vier verschiedenen Tagen. Pro Tag wird jeder Test fünfmal hintereinander durchgeführt, wobei jeder Test einmal erklärt und 20 Sekunden lang geübt werden kann. Die Gesamtdauer der Studie erstreckt sich über acht bis zwölf Tage.

Der Test beginnt nach einer Erklärungs- und Übungsphase. Die fünf Durchläufe, à 30 Sekunden, finden unmittelbar hintereinander statt. Drei der einzeln durchzuführenden Tests [„kneeling arm raise“, „quad arm raise (parallel)“, „quad arm raise (perpendicular)“] sind dynamisch, wo der/die Proband/in Armbewegungen in einem vorgegebenen Tempo

ausführt. (60 bpm für den „kneeling arm raise“ Test; 40 bpm für die beiden „quad arm raise“ Tests.) Die maximale Auslenkung der Platte darf in der Frontalebene während des Tests nicht mehr als 5° pro Seite überschreiten. Alle Ausschläge der Platte über diese insgesamt 10° werden zeitmässig summiert, woraus der Score pro Proband/in ermittelt wird. Der Score ist die Anzahl der Sekunden „out of balance“. Je niedriger dieser Wert ist, desto besser sind Koordination und Balance bei der jeweiligen Testperson ausgeprägt.

Im Zuge der statistischen Auswertung aller Testergebnisse wird der Entschluss getroffen, die Messergebnisse des jeweils ersten Tages und den jeweils ersten Versuch der folgenden Tage nicht mit zu berücksichtigen, da dies als Kennenlernen bzw. als Aufwärmen interpretiert wird. Die Tage zwei, drei und vier mit den Versuchen zwei bis fünf fließen in die Auswertung mit ein. Die Scores verbessern sich vom zweiten auf den dritten Testtag deutlich, vom dritten auf den vierten Tag weniger stark. Die Reliabilitätskoeffizienten erreichen erst am dritten Testtag Werte zwischen 0,80 und 0,90, und sind ab diesem Tag stabil mit nur mehr kleinen Veränderungen zum vierten Tag.

Tab. 4: Stability reliability table (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.585)

Stability reliability of a day sum and means of day sums

Test	Day	Mean	Reliability: Days 2 and 3	Reliability: Days 3 and 4
Kneeling arm raise	2	24.4	0.52	
	3	11.2		0.94
	4	8.0		
Quad arm raise (parallel)	2	18.4	0.68	
	3	13.2		0.93
	4	10.8		
Quad arm raise (perpendicular)	2	11.2	0.51	
	3	8.4		0.84
	4	8.0		
Bridging	2	20.8	0.68	
	3	14.0		0.83
	4	14.8		

„Based on the findings in this study, administering 5 trials on each of 3 days of the Stability Platform tests used in this study is sufficient to obtain a test score with good internal and stability reliability. The test score of a participant would be the sum or mean of trials 2-5 on day 3 of testing.” (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.585)

Fünf Jahre nach den ersten Testungen führen Liemohn et al. 2010 neue Tests mit 25 Student/innen (13 Männer, zwölf Frauen) auf einer größeren und weiterentwickelten Stabilitätsplattform mit neuer Software durch. Im Unterschied zur ersten Studie werden nicht vier verschiedene Tests absolviert, sondern nur mehr ein Test [„quad arm raise (parallel)“] mit zehn anstatt bislang mit fünf Versuchen. Mit dieser Verdoppelung der Versuche hoffen die Autor/innen mehr Einsicht in den Lernprozess ihres Core Ability Tests zu bekommen. Der maximal zugelassene Auslenkungsbereich von vormals 10° in der Frontalebene wird auf 4° reduziert, da die ursprünglichen 10° für viele der damaligen Propand/innen zu einfach waren. Aufgrund der neuen Software werden die Scores neu ermittelt, indem die Anzahl der Sekunden, die die Proband/innen im Gleichgewicht sind, als solche gleich gewertet werden. Höhere Scores sind gleich zu setzen mit einer stärker ausgeprägten Koordination- und Balancefähigkeit.

Wie bei den ersten Testreihen im Jahre 2005 wird auch fünf Jahre später der erste der insgesamt vier Tage gestrichen. Von den insgesamt zehn unmittelbar hintereinander durchgeführten Testversuchen werden die Versuche zwei bis sechs in der Auswertung berücksichtigt, da der erste Versuch als Aufwärmen angesehen wird, und die Mittelwerte der Scores zwischen den Versuchen sieben bis zehn keine großen Unterschiede aufzeigen. Ähnlich wie bei der ersten Studie sind die erhobenen Informationen am Testtag drei und Testtag vier sehr ähnlich.

> „Administering 10 trials of the balance test used in this study on days 1 and 2 and 6 trials on day 3 is sufficient to obtain a test score with good internal consistency (0,95) and stability (0,85) reliabilities. The test score of a participant would be the sum or mean of trials 2 through 6 on day 3 of testing.” (Liemohn et al., 2010, S.578)

8.2 Swiss Olympic Rumpfkrafttest

Eine der wenigen dynamischen Rumpfkrafttests der über Normwerte verfügt, ist jener der Swiss Olympic Medical Centers für Athlet/innen. Dieser Test besteht aus drei Übungen, die mit dem Widerstand des Körpergewichtes eine Mindestkraft der drei Muskelketten des Rumpfes (dorsal, lateral, ventral) erfassen.

Indikationen für den Test sind in der Prävention die Feststellung ausreichender Kraft in den drei Muskelketten des Rumpfes zur Reduzierung von Verletzungen im Rumpfbereich;

und im Krafttraining zur Ermittlung, ob entsprechend Rumpfkraft für ein gefahrloses Krafttraining mit Zusatzgewicht vorhanden ist. Dieser Rumpfkrafttest wird in allen Sportarten ab Beginn der Athlet/innenkarriere, wegen seines präventiven Charakters und der Bedeutung der Rumpfmuskulatur für das Krafttraining mit freien Gewichten angewendet. Maximal einmal im Jahr; bei ungenügenden Resultaten oder als Verlaufskontrolle in einem Rehabilitationstraining in einem zeitlichen Abstand von sechs bis acht Wochen, wird der Test durchgeführt. Die Rahmenbedingungen sind genau normiert, und werden im Auswertungsblatt vermerkt. (Raumtemperatur: 22°C; Luftfeuchtigkeit: 40%; Tageszeit: der Verlaufstest soll ungefähr zur gleichen Tageszeit stattfinden) Abweichungen von diesen Werten sind zu dokumentieren.

Testdurchführung:

- Enge, dem Körper anliegende Bekleidung, Turnschuhe
- Erklärung des Testablaufes
- Mindestens zehnminütiges Aufwärmen mit subjektivem Belastungsempfinden zehn bis zwölf gemäß Borgskala
- Test: ventrale Rumpfkette
  Einstellung des Testgerätes; kurzer Probeversuch; fünf Wiederholungen maximal im Takt; Teststart; Testende gemäß Abbruchkriterien;
- Zehn Minute Pause
- Test: Laterale Rumpfkette
  (gleicher Ablauf wie bei vorangegangenem Test)
- Zehn Minuten Pause
- Test: dorsale Rumpfkette
  (gleicher Ablauf wie bei vorangegangenem Test) (Tschopp, 2003)
- Ventrale Rumpfkette:

Ausgangsstellung: Unterarmstütz, Oberarme vertikal, Unterarme parallel, Daumen nach oben, Beine gestreckt. Mitte Schultergelenk, Trochanter major und lateralen Malleolus bilden eine Gerade. Kontakt Rücken mit Querstange/Polster: Spina iliaca posterior superior. Kontakt Kopf mit Polster: Schädel.

Ausführung: Wechselseitiges Abheben der Füße um zwei bis fünf Zentimeter, im Einsekundenrhythmus pro Fuss. Knie gestreckt.

Instruktion: „Kontakt Kopf, Kontakt Becken beibehalten.“ Keine verbale Motivation und keine Angaben über die verstrichene Zeit!

Messgröße: Zeit in Sekunden (Start: nach Einnehmen der Ausgangsstellung)

Abbruchkriterium: Kontakt mit dem Standardisierungsgerät wird aufgegeben. Zwei Verwarnungen werden ausgesprochen, bei der dritten wird abgebrochen.

Aufzeichnung: Zeit in Sekunden bis zum Abbruch; Lokalisation der Hauptbelastung (Bauch/Leiste/Rücken/Schultergürtel/…); Besonderheiten (Schmerzen, Bemerkungen zur Bewegungsqualität); Geräteeinstellung.

Material: AIREX® Matte (ein Zentimeter dick); zwei Standardisierungsgeräte; Stab (zwei Meter lang); Stoppuhr;

(Tschopp, 2003)

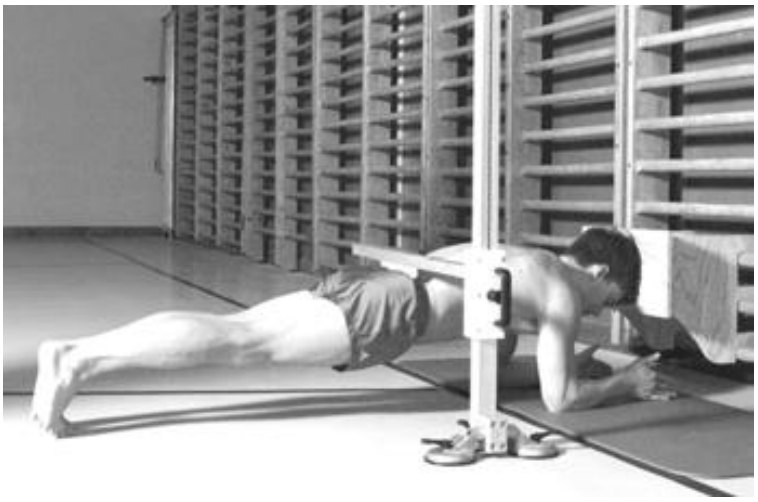

Abb. 16: Testung der ventralen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.18)

- Laterale Rumpfkette:

Ausgangsstellung: Ellbogenstütz in der bevorzugten Seitlage, Füße aufeinander und gegen den Kasten gestützt, Sprunggelenke in Neutral-0-Stellung, Knie gestreckt, Fersen, Gesäß und Schulterblätter an der Wand, Oberarm vertikal, Ellbogen ist etwas von der Wand entfernt, die freie Hand wird am Beckenkamm abgestützt.

Ausführung:	Becken seitwärts abheben bis der Rumpf in der Nullstellung ist. Zurück in die Ausgangsposition, ohne das Gewicht abzusetzen. Dynamisch, zwei Sekunden pro Bewegungszyklus.
Instruktion:	„Fersen und Schulterblätter immer an der Wand. Der Wand entlang hinauf und hinunter rutschen. Boden kann berührt werden, aber Körper nicht absetzen.“ Keine verbale Motivation und keine Angaben über die verstrichene Zeit!
Messgröße:	Zeit in Sekunden (Start: nach dem ersten Erreichen der oberen Lage)
Abbruchkriterium:	Standardisierungsgerät wird nicht mehr berührt. Kontakt mit der Wand wird aufgegeben. Absetzen des Gewichts oder Pause. Zwei Verwarnungen werden ausgesprochen, bei der dritten wird abgebrochen.
Aufzeichnung:	Zeit in Sekunden bis zum Abbruch; Lokalisation der Hauptbelastung (Seite-Becken/Schultergürtel/gesamt/…); Besonderheiten (Schmerzen, Bemerkungen zur Bewegungsqualität); Geräteeinstellung.
Material:	AIREX® Matte (ein Zentimeter dick); ein Standardisierungsgerät; glatte Wand; Schwedenkasten oder Wandecke; Stoppuhr;

(Tschopp, 2003)

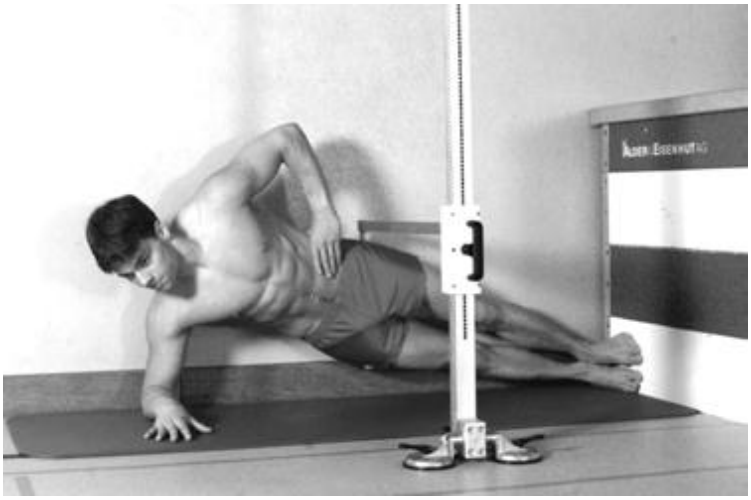

Abb. 17: Testung der lateralen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.20)

- Dorsale Rumpfkette:

Ausgangsstellung:	Füße unter Querstange (Unterkante der Querstange/Sprosse acht bis zehn Zentimeter über Oberkante des Schwedenkasten), gepolsterte Sprosse auf Achillessehne, Beine horizontal, Spina iliaca anterior superior vier Zentimeter hinter der Kante des Schwendenkastens, Arme verschränkt, Finger liegen auf dem lateralen Drittel der Clavicula.
Ausführung:	Rumpf wird 30° nach unten und wieder zur Horizontalen geführt. Dynamisch, zwei Sekunden pro Bewegungszyklus.
Instruktion:	„Fingerspitzen bleiben auf dem lateralen Drittel der Clavicula, jedes Mal oben berühren, jedes Mal unten berühren.“ Keine verbale Motivation und keine Angaben über die verstrichene Zeit!
Messgröße:	Zeit in Sekunden (Start: nach dem ersten Erreichen der oberen Lage)
Abbruchkriterium:	Standardisierungsgerät wird nicht mehr berührt. Zwei Verwarnungen werden ausgesprochen, bei der dritten wird abgebrochen.
Aufzeichnung:	Zeit in Sekunden bis zum Abbruch; Lokalisation der Hauptbelastung (Beinrückseite/Gesäß/Rücken/…); Besonderheiten (links/rechts Differenz bei der subjektiven Hauptbelastung, Bemerkungen zur Bewegungsqualität); Geräteeinstellung;
Material:	Querstange/Sprossenwand; Polsterung an Querstange für Achillessehnen; ein Standardisierungsgerät; Schwedenkasten oder Untersuchungsliege; Schwerkraftgoniometer mit Verlängerungsstab; Stoppuhr;

(Tschopp, 2003)

Abb. 18: Testung der dorsalen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.21)

Die Auswertung beruht auf dem Vergleich des Messwertes mit Referenzdaten. Aus diesem Vergleich wird bestimmt, ob der/die Athlet/in die geforderte Mindestkraft erreicht. Es gibt eine quantitative und qualitative Auswertung des Rumpftests, wobei sich die qualitative Auswertung des Tests auf die Lokalisation der Hauptbelastung bezieht, und Hinweise über das schwächste Glied in der belasteten Körperkette liefert.

Referenzpopulation sind 253 männliche Spitzensportler (nationale Elite; Alter: 20,5 Jahre +/- 0,9 Jahre) aus 42 verschiedenen Sportarten. Die Referenzwerte für die drei Übungen werden aus dem Mittelwert minus einer Standardabweichung berechnet. Diese Werte gelten als die zu erreichenden Mindestwerte. Werden diese Mindestwerte nicht erreicht, wird das Resultat als „ungenügend“ bezeichnet. Da trotz der standardisierten Durchführung eine gewisse Messungenauigkeit vorliegt, kann bei Messresultaten im Bereich dieser Grenzwerte keine genaue Zuordnung in „ungenügend“ respektive „genügend“ vorgenommen werden. Aus diesem Grund sind die Grenzen in „ungenügend“ und „genügend“ so definiert, dass die gleiche Zuordnung in mit 84%iger Wahrscheinlichkeit in einem zweiten Versuch wieder erreicht wird und somit dem effektiven Niveau des/der Athleten/Athletin entsprechen würde. Dazwischen wird eine unsichere Zone definiert, die keine exakte Zuordnung in entweder „ungenügend“ oder „genügend“ erlaubt. (Tschopp, 2003)

Tab. 5: Referenzwerte Swiss Olympic Rumpfkrafttest (modif. nach Tschopp, 2003, S.24)

Referenzwerte:			
	Ventrale Rumpfkette:	*Laterale Rumpfkette:*	*Dorsale Rumpfkette:*
Ungenügend:	< 89 Sekunden	< 44 Sekunden	< 72 Sekunden
Unsichere Zone:	89-115 Sekunden	44-57 Sekunden	72-89 Sekunden
Genügend:	> 115 Sekunden	> 57 Sekunden	> 89 Sekunden
Mittelwert:	152 Sekunden	89 Sekunden	110 Sekunden

8.3 Y Balance Test

Cook et al. (2010) schreiben in ihrem Buch, dass viele Versuche, Core Ability messbar zu machen, fehl geschlagen sind, indem isolierte, oft nur statische Testsysteme zur Beurteilung der Kraft der Bauchmuskulatur verwendet werden. Sie schlagen daher vor, den Core in „quarters“ oder „quadrants“ zu testen.

> „By considering the core in functional quadrants, the rehabilitation and exercise professional can have a more comprehensive appraisal of function before specific or isolated testing is performed. By dividing the body into right and left sides, we can appreciate symmetry. By dividing the upper and lower body, we can appreciate core control from the bottom up or top down.” (Cook et al., 2010, S.367)

Die Autorengruppe hat daraus den Y Balance Test (YBT) für den „upper quarter“ (Upper Quarter Y Balance Test) und den „lower quarter“ (Lower Quarter Y Balance Test) entwickelt. „It acts as a functional goniometer by allowing precise quantification of a person´s body relative movement by simultaneously requiring strength, flexibility, neuromuscular control, core stability, range of motion, balance and proprioception.” (Cook et al., 2010, S.367)

- Upper Quarter Y Balance Test (YBT-UQ)

Der Upper Quarter Y Balance Test misst die Fähigkeit einer Person, mit der freien oberen Extremität maximal weit in drei Bewegungsrichtungen zu greifen, während die andere kontralaterale Extremität das Gewicht des Körpers stützt. Die Mobilität des Thorax und des freien Armes, sowie die Stabilität des Rumpfes und des belasteten Armes sind maximal

gefordert. Die Armlänge wird zur weiteren Berechnung des Ergebnisses vorab vom Processus spinosus C7 bis zur Beere des längsten Fingers in einer 90° elevierten Armhaltung gemessen.

Testdurchführung:	Nach zwei Probeversuchen pro Arm sind drei Versuche pro Seite durchzuführen. Ein Versuch beinhaltet alle drei Bewegungsrichtungen ohne Pause. Der Test wird mit eng anliegender Sportkleidung und ohne Schuhe durchgeführt.
Ausgangsstellung:	Liegestützposition mit schulterbreit geöffneten Beinen, eine Hand am fixierten weißen Kästchen (Daumen parallel zur roten Linie), die zweite Hand am beweglichen Kästchen, Schulter-Hüfte-Knie bilden eine Gerade, Blick nach unten.
Ausführung:	Hand vom beweglichen Kästchen greift unter Haltung der Balance und Körperspannung maximal medial, infero- und superolateral.
Instruktion:	„Daumen bleibt parallel zur roten Linie. Freie Arm schiebt Kästchen so weit wie möglich nach aussen.“
Messgröße:	Abstand in Zentimeter der frei beweglichen Kästchen zum zentral Fixierten.
Score:	$\frac{Summe\ der\ größten\ Abstände\ aller\ drei\ Bewegungsrichtungen}{drei\ Armlängen} \times 100$
Abbruchkriterium:	Verlust der Körperspannung (Gerade durch Schulter-Hüfte-Knie); Hand vom fixierten Kästchen wird abgehoben; Abstützen mit der freien Extremität auf dem wegzuschiebenden Kästchen;
Material:	„Functional Movement Screen” (FMS) Testbatterie
(Cook et al., 2010)	

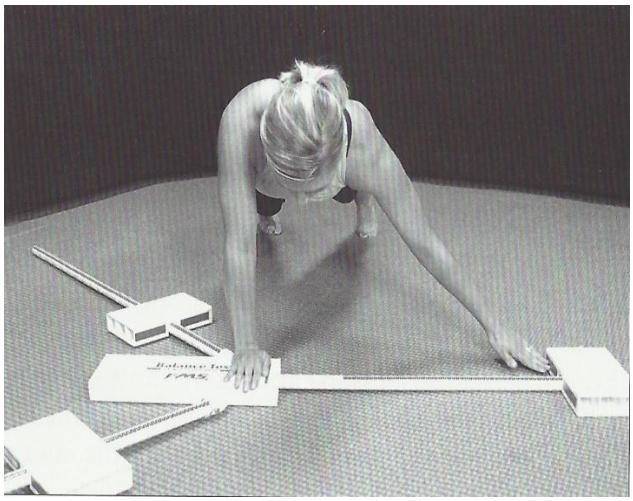

Abb. 19: YBT-UQ Medial Reach (Cook et al., 2010, S.369)

- Lower Quarter Y Balance Test (YBT-LQ)

Der Lower Quarter Y Balance Test ist ein dynamischer Test, der Stabilität, Kraft, Beweglichkeit und propriozeptive Fähigkeiten des Unterkörpers verlangt. Ziel dieses Tests ist es, aus dem Einbeinstand mit dem kontralateralen Bein die weißen Plattformen in den drei vorgegebenen Bewegungsrichtungen (anterior, posteromedial, posterolateral), maximal weit weg zu schieben. Die Beinlänge wird in Rückenlage von der Spina iliaca anterior superior bis zum distalen Ende des medialen Malleolus gemessen.

Testdurchführung: Nach drei Probeversuchen pro Bein sind drei Versuche pro Seite durchzuführen. Eine Bewegungsrichtung wird dreimal unmittelbar hintereinander durchgeführt, wobei ein Berühren des Bodens mit dem kontralateralen Bein erlaubt ist. Ein Abheben der Ferse des Standbeines während des Versuches ist ebenso gestattet. Die Arme können in einer bequemen Haltung herabhängen, und müssen nicht zwingend Kontakt mit den Spinae iliacae anteriores superiores haben. Die Testreihenfolge (right anterior, left anterior, right posteromedial, left posteromedial, right posterolateral, left posterolateral) ist einzuhalten. (Die Seitenangabe bezieht sich immer auf das Standbein.) Der Test wird mit eng anliegender Sportkleidung und ohne Schuhe durchgeführt.

Ausgangsstellung: Einbeinstand am fixierten weißen Kästchen (die größte Zehe berührt mit der Zehenspitze die rote Linie), Arme hängen bequem herab, das kontralaterale Bein berührt mit den Fußspitzen die Standplattform.

Ausführung: Das kontralaterale Bein schiebt das Kästchen der ersten Bewegungsrichtung maximal weit nach anterior; wartet bis der/die Testleiter/in den Wert notiert hat und das Kästchen wieder zurück in die Ausgangsposition bringt; schiebt das gleiche Kästchen im zweiten und dritten Versuch wieder maximal weit nach anterior; wechselt das Standbein und führt drei Versuche mit dem anderen Bein aus; Wechsel auf die anderen Bewegungsrichtungen.

Instruktion: „Spitze des größten Zehen hält Kontakt zur roten Linie. Kontralaterale Bein schiebt Kästchen so weit wie möglich nach aussen."

Messgröße: Abstand in Zentimeter der frei beweglichen Kästchen zum zentral Fixierten.

Score: $$\frac{Summe\ der\ größten\ Abstände\ aller\ drei\ Bewegungsrichtungen}{drei\ Beinlängen} \times 100$$

Abbruchkriterium: Einknicken im Einbeinstand; Verlust des Kontaktes beim Wegschieben des Kästchens (Wegkicken); Abstützen mit dem Fuß am Kästchen während des Wegschiebens; kein kontrolliertes Zurückkehren in die Ausgangsstellung;

Material: FMS Testbatterie (Cook et al., 2010)

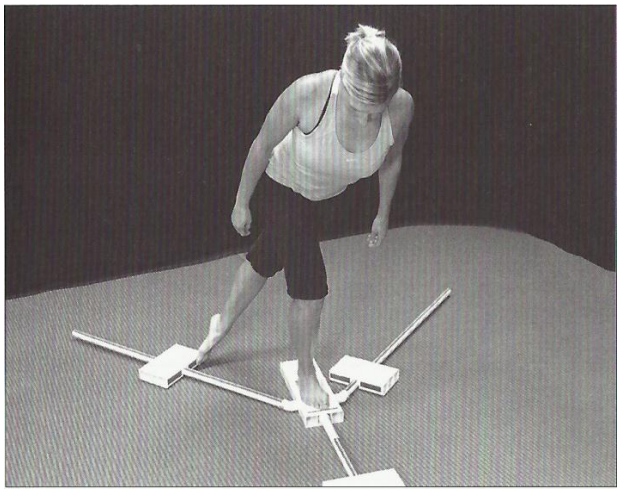

Abb. 20: YBT-LQ Posterolateral Reach (Cook et al., 2010, S.371)

8.4 Star Excursion Balance Test

„The SEBT is a functional screening tool that is used to assess dynamic stability, monitor rehabilitation progress, assess deficits following an injury, and identify athletes at high risk for lower extremity injury." (Filipa et al., 2010, S. 552) Gemäß dieser Beschreibung könnte der SEBT genauso gut dem rehabilitativen Bereich zur Messung der Verletzungsanfälligkeit der unteren Extremitäten zugeteilt werden. Da der SEBT in einigen Studien zum Thema Core Training zur Messung von Core Ability (Dannelly et al., 2011; Filipa et al., 2010; Lanning et al., 2006; Sato & Mokha, 2009; Kaji et al., 2010) eingesetzt wird, wird er hier den dynamischen Messverfahren im athletischen Bereich zugeordnet. „The particular advantage of the SEBT over other dynamic balance tests is that it is more challenging for healthy, athletic populations." (Robinson & Gribble, 2008, S.364)

Filipa et al. (2010) liefern das Argument zum berechtigten Einsatz des SEBT zur Messung von Core Ability. Durch die Veränderung des Körperschwerpunktes während Bewegungen entstehen ständig Kräfte, die auf die unteren Extremitäten wirken. „An improved ability to control this movement has the potential to decrease excessive forces on the lower extremity and ultimately decrease injury risk." (Filipa et al., 2010, S.552)

Beim SEBT werden acht Geraden am Boden sternförmig in einem Winkel von 45° zueinander aufgeklebt. Das ursprüngliche Protokoll verlangt neun Versuche (sechs Probeversuche, drei gewertete Testversuche) in allen acht Bewegungsrichtungen, und stellt sich somit als sehr zeitaufwendig dar. Dabei werden die sechs Probe- bzw. drei gewerteten Versuche in einer Bewegungsrichtung unmittelbar hintereinander ausgeführt, mit einer anschließenden zweiminütigen Pause. Danach wechselt der/die Proband/in zur nächsten Bewegungsrichtung. (Robinson & Gribble, 2008)

Der barfuß durchgeführte Test beginnt mit der richtigen Positionierung des Standbeines in der Mitte. Manche Testprotokolle platzieren den Fuß mittig am Kreuzungspunkt der Geraden, während andere Protokolle die größte Zehe am Kreuzungspunkt positionieren. Die Ferse darf während des Tests nicht vom Boden abgehoben werden. Im ursprünglichen Testprotokoll müssen beide Hände auf den Spinae iliacae anteriores superiores fixiert werden. Neuere Testprotokolle berücksichtigen die Armhaltung nicht mehr.

Nach den Probedurchläufen beginnt der Test, indem die Testperson aus dem Einbeinstand maximal weit in der vorgegebenen Richtung mit den Zehenspitzen des kontralateralen Beines den Boden berührt, und ohne Absetzen des Fußes am Boden in die Ausgangsposition zurückkehrt. Das kontralaterale Bein darf hier den Boden leicht berühren – eine komplette Gewichtsverlagerung und Entlastung des Standbeines ist nicht erlaubt. Abbruchkriterien für den Test sind das Abheben der Ferse des Standbeines, das Verlieren des Gleichgewichtes im Einbeinstand und das Abstützen des kontralateralen Beines am Boden. (Robinson & Gribble, 2008)

Der große Nachteil des sonst sehr einfachen SEBT, ist der hohe Zeitaufwand pro Proband/in. Aktuelle Studienergebnisse (Robinson & Gribble, 2008; Munro & Herrington, 2010) belegen, dass eine Reduktion von acht Bewegungsrichtungen auf drei (anterior, posterolateral, posteromedial) und eine Reduktion von sechs Probeversuchen auf vier zulässig ist, ohne dass es zu einer größeren Veränderung der Reliabilität (ca. 0,9) kommt.

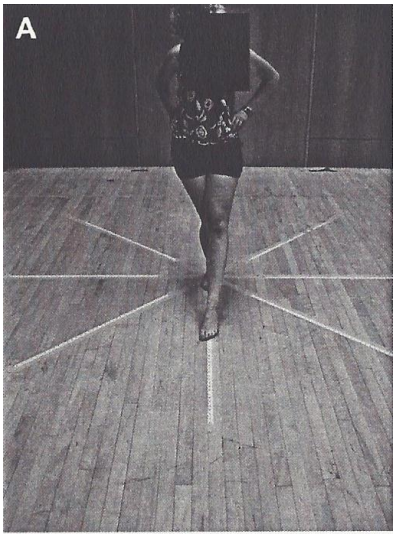

Abb. 21: Anterior reach direction SEBT (Munro & Herrington, 2010, S.129)

8.5 Druck-Biofeedback Test

Im rehabilitativen Bereich werden Ultraschallmessungen, EMG und Biofeedback-Geräte neben klassischen Testverfahren als Untersuchungsinstrumente eingesetzt. Die australische Forschungsgruppe hat mittels des Druck-Biofeedback-Gerätes ein Verfahren entwickelt, mit dem sie bei Proband/innen die Aktivierung des M. transversus abdominis überprüfen

kann. (Richardson et al., 2002) Dieser Test wird hauptsächlich bei LBP-Patient/innen in der Therapie eingesetzt, um Messungen durchzuführen, aber auch, um die richtige Aktivierung des M. transversus zu vermitteln. Dabei liegt der/die Patient/in in Bauchlage, Arme seitlich abgelegt und Kopf in Mittelposition abgelegt. Das Druckkissen des Druck-Biofeedback-Geräts wird auf 70mm Hg aufgepumpt und unter dem Bauch platziert, wobei der Bauchnabel im Zentrum und der untere Kissenrand auf Höhe der Spina iliaca anterior superior liegt. Der/die Therapeutin beobachtet den Druckanzeiger während der Anweisung „Unterbauch einziehen". Bei richtiger Aktivierung kommt es zu einer Ko-Kontraktion der lokalen Muskelsynergisten mit beidseitiger Kontraktion und Verkürzung des M. transversus abdominis in seiner inneren Bahn.

Ähnliche Testsysteme, mit kontrolliertem Aufrechterhalten eines vorgegebenen Druckes in einem Druckkissen, finden im „athletic sector" ihre Anwendung. Beim Double Straight Leg-lowering Test (DSLL), liegt der/die Proband/in in Rückenlage, senkt konstant langsam beide gestreckten Beine aus der Vertikalen in Richtung Horizontale ab, und hält dabei den Druck von 40mm Hg im Druckkissen unter der LWS aufrecht. (Butcher et al., 2007)

Die Druck-Biofeedback-Methode der australischen Forschungsgruppe (Richardson et al., 2002; Richardson, Hodges & Hides, 2009) liefert Informationen über das Zusammenspiel der lokalen und globalen Muskeln der anterioren Bauchwand. Drei mögliche Testergebnisse können wie folgt interpretiert werden:

- Eine Druckreduktion von vier bis zehn mm Hg deutet auf eine optimale Aktivierung des M. transversus abdominis ohne Wirbelsäulen-/Beckenbewegung, unabhängig von der globalen Bauchmuskulatur, hin.
- Der Druck fällt, ohne Wirbelsäulen-/Beckenbewegung und Vorwölben der Bauchdecke auf Null bis vier mm Hg ab. Der M. transversus abdominis wird vielleicht angespannt, doch ist die Verkürzung nicht effektiv genug bzw. ist die Ursache für den starken Druckabfall eine asymmetrische Kontraktion des Muskels. Mittels Palpation der Bauchwand und Wiederholung der Übung in Rückenlage und/oder einer Ultraschalluntersuchung kann die Fehlerquelle ermittelt werden.
- Bei einer Kontraktion der globalen Bauchmuskulatur gibt es zwei Möglichkeiten: es kommt, ohne Wirbelsäulen-/Beckenbewegung zu einem Druckanstieg aufgrund der Vorwölbung der Bauchwand; oder zu einem Druckabfall aufgrund einer

Wirbelsäulen-/Beckenbewegung. In beiden Fällen ist eine neuerliche Durchführung in Rückenlage mit Palpation der Bauchwand sinnvoll.

(Richardson, Hodges & Hides, 2009)

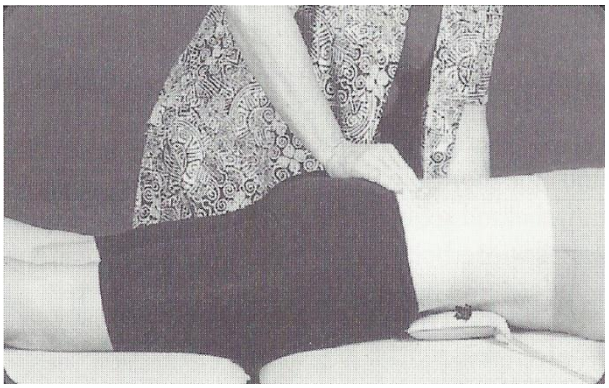

Abb. 22: Druck-Biofeedback Test (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.188)
Der Muskeltest für den M. transversus abdominis wird in der Bauchlage mit dem Druck-Biofeedback Gerät ausgeführt

9 Effekte

> „The clinical outcomes of core-strengthening programs have not been well researched. Studies are hampered by the lack of consensus about what constitutes a core-strengthening program. Some describe remedial neuromuscular retraining, whereas others describe sports-specific training and functional education. To our knowledge, no randomized controlled trial exists on the efficacy of core strengthening. Most studies are prospective, uncontrolled, case series.“ (Akuthota & Nadler, 2004, S.90)

Die Effekte von Core Training sind in der Literatur so unterschiedlich, wie die Definitionen, Messsysteme, Progressionen und Inhalte desselben. Die Bandbreite möglicher Effekte dokumentieren folgende Aussagen: „Core stability exercises are no more effective than, and will not prevent injury more than, any other forms of exercise or physical therapy. Core stability exercises are no better than other forms of exercise in reducing chronic lower back pain.” (Lederman, 2010, S.94) und „Although we are not aware of any randomized controlled trials to support the use of these exercises, there is anecdotal evidence that they are helpful and are often used in sports medicine facilities and in the training of athletes.” (Barr, Griggs & Cadby, 2007, S.78)

Im „rehabilitation sector“ sind die Forschungsergebnisse betreffend Effekte im Core Training tendenziell eindeutig.

In ihrem Review über Core Trainingskonzepte führen Barr, Griggs und Cadby einen Cochrane Review von Hayden et al. (2005) an, in dem sechs randomisiert kontrollierte Studien über „exercise programs that included strengthening or trunk stabilizing exercises“ ausgewertet werden. Fazit dieses Reviews ist, dass diese Art von Übungen „… effective for chronic lbp, particularly in healthcare settings“ ist. (Barr, Griggs & Cadby, 2007, S.73)

Julie Hides, Mitglied der australischen Forschungsgruppe (Hides, Jull & Richardson, 2001), teilt 39 Patient/innen mit akuten erstmaligen Rückenschmerzen, per Zufallsprinzip in zwei Gruppen ein. Beide Gruppen erhalten entsprechende Medikamente zur Schmerzreduktion. Die Behandlungsgruppe wird zweimal wöchentlich über vier Wochen physiotherapeutisch mit speziellen Übungen für den M. multifidus betreut. Schmerzmessungen, tägliche funktionelle Beeinträchtigungen, die CSA des M. multifidus und das Bewegungsausmaß werden von einem unabhängigen Beobachter dokumentiert. Nach zwei Wochen sind alle Proband/innen schmerzfrei, ohne funktionelle Beeinträchtigung und können ihrem normalen Alltag wieder nachgehen. Bei rund 80-90% aller Patient/innen tritt dies in der Regel ein. Dennoch unterscheiden sich die Behandlungs- und Kontrollgruppe in einem Parameter – dem M. multifidus. Obwohl beide Gruppen schmerzfrei und wieder aktiv sind, erholt sich der M. multifidus bei der Medikamentengruppe nicht. In der Behandlungsgruppe ist der M. multifidus symmetrisch ausgebildet, und drei Jahre nach dieser ersten Studie, zeigt eine Folgestudie den langfristigen Erfolg der physikalischen Intervention von damals. In der Kontrollgruppe sind 80% rezidiv, während in der Behandlungsgruppe nur 30% rezidive Vorfälle zu verzeichnen sind. Diese Vorfälle sind, im Vergleich zur Kontrollgruppe neben der deutlich geringeren Häufigkeit auch weniger schwerwiegend. (Hides, Richardson & Jull, 2001)

Im „athletic sector“ sind die Effekte weniger eindeutig und einheitlich, da es in diesem Bereich deutlich weniger Studien dazu gibt.

Im Versuch wissenschaftlich fundierte, leistungssteigernde Effekte durch Core Training im athletischen Bereich zu finden, wird ein systematischer Literaturreview, mit folgenden Einschlusskriterien getätigt:

- Deutsch- und englischsprachige Studien
- Studien mit einer Kontrollgruppe
- Trainingsinhalte sind Übungen aus dem Core Training
- Studien mit gesunden Athlet/innen
- Studien hinsichtlich Leistungssteigerung

Das vierte Kriterium schafft klare Abgrenzungen. Zum einen die Abgrenzung zum rehabilitativen Bereich und Studien mit LBP-Therapieinhalten, zum anderen die viel wichtigere Abgrenzung des Proband/innenpools und der daraus resultierenden Interpretation des Ergebnisses. Einige Core Trainingsstudien werden mit Proband/innen gemacht, wo es keine oder nur sehr unklare Aussagen über die körperliche Leistungsfähigkeit der Teilnehmer/innen in den Studien gibt. (Cosio-Lima et al., 2003; Navalta & Jr, 2007; Okada, Huxel & Nesser, 2010; Kaji et al., 2010; Sekendiz, Cug & Korkusuz, 2010; Thompson, Cobb & Blackwell, 2007)

In einer untrainierten bzw. schlecht trainierten Gruppe wird fast jede Trainingsintervention für kurze Zeit einen positiven Effekt zeigen, unabhängig davon, wie gut die Trainingsintervention ist. Diese Art von Studien gilt es mit Hilfe des vierten Kriteriums auszuschließen.

Prospektive Studien und solche ohne Kontrollgruppe werden ebenso wenig berücksichtigt wie Studien, deren Übungsinhalte nicht eindeutig dem Core Training entsprechen. Letztgenannter Punkt führt zum Ausschluss einiger Studien, auch wenn diese eine Kontrollgruppe aufweisen und von einigen Autor/innen in ihren Artikeln als Core Trainingsstudien eingestuft werden. (Hibbs et al., 2008; Willardson, 2007b)

Die Studie von Yaggie und Campbell („Effects of balance training on selected skills", 2006) wird beispielsweise ausgeschlossen, da, aus Sicht des Autors, der überwiegende Teil der in der Studie durchgeführten Übungen nicht Core Übungen sind. Der Großteil der hier durchgeführten Übungen sind „balance exercises", wie beispielsweise aufrechtes Stehen

auf instabilem Untergrund. Von diesem geringen Anteil an Core Übungsinhalten letztlich auf Effekte des Core Trainings zu schließen, ist nach Ansicht des Autors nicht reliabel.

Auch findet die Studie von Cosio-Lima et al. („Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women“, 2003) keine Berücksichtigung in dieser Arbeit, da diese Studie mit Frauen durchgeführt wird, die nicht dem Athletinnenstatus entsprechen.

Ebenso wenig werden Studien mit Elementen des Functional Trainings (Clean and Press, Deadlift, Lunge, Squat, …) berücksichtigt, wie die in der Literatur mehrmals erwähnten Studien von Nadler et al. (2002) oder Cressey et al. (2007). (Cissik, 2011; Hibbs et al., 2008; Lederman, 2010; Willardson, 2007b)

In der prospektiven Studie von Nadler et al. (2002) untersuchen die Autor/innen rund 620 College-Athlet/innen über einen Zeitraum von drei Jahren. Im ersten Jahr (1998-1999) gibt es kein Core Trainingsinterventionsprogramm. In der Vorbereitungszeit 1999-2000 absolvieren die Athlet/innen ein 30-45 minütiges Core Training, vier- bis fünfmal in der Woche, und zwei- bis dreimal während der Saison. Inhalte dieses Core Trainingsprogrammes sind neben klassischen Core Übungen auf der Matte auch die im oberen Absatz besprochenen „resistance exercises“. Ergebnisse der Studie sind nicht signifikante Unterschiede im Auftreten von LBP in den Jahren mit Core Training (1999-2000; 2000-2001) im Vergleich zum Jahr ohne Core Training (1998-1999), sowie eine ebenfalls nicht signifikante Reduktion von LBP bei den männlichen Athleten. Bei den weiblichen Athleten kommt es in den Jahren der Core Trainingsintervention zu einem nicht signifikanten Anstieg von LBP, wobei hier die geringe Anzahl an Fällen von LBP (sieben von gesamt 74 Mädchen) in der Studie als möglicher Erklärungsgrund angeführt wird. (Nadler et al., 2002)

In der Studie von Cressey et al. kommen Übungen (Deadlift, Lunge, single-leg Squat, …) zur Anwendung, die nach Meinung des Autors dem Functional Training und nicht mehr dem Core Training zu zuordnen sind. (Cressey et al., 2007).

Vier Studien haben die weiter oben angeführten Kriterien erfüllt, und werden im Folgenden vorgestellt.

Die erste Studie stammt von Butcher et al. (2007) („The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity"). Zweck dieser Studie ist es, den Effekt von „trunk stability training, leg strength training" oder einer Kombination aus diesen beiden in Bezug auf die vertikale Sprungleistung herauszufinden.

66 Athlet/innen (28 Männer, 38 Frauen; Alter: 24 +/- 4 Jahre) aus verschiedenen Sportarten (Basketball, Football, Fussball, Hockey, Kampfsport, Laufen, Leichtathletik, Rudern, Rugby, Schwimmen, Softball, Tanz, Volleyball), die zum Zeitpunkt der Studie kein Core Training machen, nehmen an dieser Studie teil. Ausschlusskriterien für die Studie sind LBP in den letzten zwölf Monaten oder Verletzungen der unteren Extremitäten. Von den 66 Teilnehmer/innen beenden 55 die Studie. Vier davon beenden die Studie aus persönlichen Gründen, und die restlichen sieben scheiden aus der Studie aus, da sie die Mindestanzahl an Trainingseinheiten nicht erbringen.

Nach den Eingangstests werden die Studienteilnehmer/innen per Zufall auf vier Trainingsgruppen aufgeteilt: „trunk stability training" (TS), „leg strength training" (LS), „combination of trunk stability and leg strength training" (TL) und eine Kontrollgruppe („nontraining control"; CO). Die drei Trainingsgruppen bekommen einen periodisierten neunwöchigen Trainingsplan mit drei Trainingseinheiten pro Woche. Alle drei Wochen beginnt ein neuer Zyklus mit gesteigerten Intensitäten. Die Teilnehmer/innen trainieren mit ihrem Programm selbstständig. Jede dritte Woche erhält jeder/jede Teilnehmer/in eine „monitoring session", in der die Ausführung der Übungen kontrolliert wird, und neue Trainingsprogramme ausgegeben werden.

Als Messsysteme kommen der vertical jump, das 1RM an der Beinpresse und der DSLL zum Einsatz. Vor jedem Test erhalten die Proband/innen eine zehnminütige Einweisung und Erklärung zum Test, es wird ihnen ein Video über den Test gezeigt, und sie haben die Möglichkeit diesen auszuprobieren. Nach einer kurzen Aufwärmphase werden drei Versuche (Pausenzeit eine Minute) beim DSSL und beim vertical jump gemessen. Bei der Ermittlung des 1RM an der Beinpresse werden im Schnitt ein bis vier Versuche (Pausenzeit zwei Minuten) gebraucht. An drei verschiedenen Messzeitpunkten (vor Beginn der Studie; nach drei Wochen; am Ende der Studie) werden Daten erhoben.

„The TS program was designed to achieve progressively increasing global stability demands while maintaining local stability around a neutral spine posture." (Butcher et al., 2007, S.226) Die erste Phase (Core Stability) besteht aus „low-load exercises" mit dem ADIM in neutraler Wirbelsäulenposition. Jede der Stabilisationsübungen wird mit drei Sätzen zu fünf Wiederholungen ausgeführt, wobei jede Wiederholung für fünf Sekunden zu halten ist. (Pausenzeit zwischen den Wiederholungen: zehn Sekunden; Pausenzeit zwischen den Sätzen: eine Minute) „Phase 2 involved progressively more difficult exercises. The focus of phase 2 was to increase the external load requirements while still maintaining local cocontraction." (Butcher et al., 2007, S.227) In der dritten Phase wird langsam zu Core Strength übergegangen, in dem der Fokus auf maximale Kraftentwicklung während globaler Stabilität und lokaler Ko-Kontraktion gerichtet wird. Am Ende jeder Wiederholung wird die Dauer für das Halten der Belastung von fünf auf acht Sekunden verlängert. (Pausenzeit zwischen den Wiederholungen: 15 Sekunden; Pausenzeit zwischen den Sätzen: zwei Minuten)

Die LS Gruppe trainiert ausschließlich an Krafttrainingsmaschinen in drei Phasen. Die Intensitäten sind hier deutlich höher als in der TS Gruppe, da hier bereits in der ersten Phase mit einem submaximalen Kraftraining begonnen wird (drei Sätze zu je zehn Wiederholungen; 75% of 1RM; drei Minuten Satzpause). In der Phase zwei wird bereits zu einem Maximalkrafttraining übergegangen (vier Sätze zu je sechs Wiederholungen; 85% of 1RM; drei Minuten Satzpause), welches in der Phase drei noch einmal in der Intensität gesteigert wird (vier Sätze zu je vier Wiederholungen; 90% of 1RM; drei Minuten Satzpause).

Die TL Gruppe absolviert beide Trainingsprogramme, wobei stets mit dem Trunk Stability Programm begonnen wird.

Die Kontrollgruppe erhält keine Trainingsprogramme, und trainiert in ihrer jeweiligen Sportart normal weiter.

Die vertikale Absprunggeschwindigkeit verbessert sich signifikant bei allen drei Trainingsgruppen am Ende der neun Wochen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Am Ende der Testung gibt es zwischen den drei Trainingsgruppen keine signifikanten Unterschiede in der Absprunggeschwindigkeit. Auffallend ist, dass die TS Gruppe nach drei Wochen

(Zeitpuntk der zweiten Messung) signifikant bessere Absprunggeschwindigkeiten aufweist als die Kontrollgruppe. Die TL Gruppe zeigt eine signifikante Steigerung der Absprunggeschwindigkeit vom zweiten zum letzten Messzeitpunkt. Die Autor/innen sehen ihre Hypothese „Trunk stability training will improve vertical takeoff velocity in athletes" (Butcher et al., 2007, S.224) bestätigt, auch wenn es keine signifikanten Unterschiede zu den beiden anderen Trainingsgruppen gibt. Als mögliche Ursachen dafür führen die Autor/innen die kleine Gruppengröße in den jeweiligen Trainingsgruppen an, bzw. das ausschließlich nicht-funktionelle Übungspool an Core Strength-Übungen (liegend auf Matten). Dennoch spekulieren die Autor/innen „… that trunk stability training may optimize the ability of the leg muscles to produce force by providing a stable base from which those muscles can contract or by enhancing the neural drive to the leg muscles." (Butcher et al., 2007, S.230) Die Autor/innen schließen mit folgender Aussage:

> „Despite a significantly improved trunk stability score and no change in leg strength at both the 3- and 9-week tests, the TS group increased vertical takeoff velocity only after 3 weeks of training, but not subsequently. This finding supports the view that TS training may only optimize the ability of the leg muscles to produce force and that optimal trunk stability may have been achieved after 3 weeks of training. This is important when considering that training programs are usually done for long periods." (Butcher et al., 2007, S.230)

Die Studie von Sato und Mokha (2009) („Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-m-performance in runners?") ist die zweite Studie, die den Einschlusskriterien entspricht.

Ziel dieser Studie ist es, die Effekte eines sechswöchigen Core Strength Trainingsprogrammes auf die Bodenreaktionskräfte, die Stabilität der unteren Extremitäten und die 5000m-Laufleistung bei Hobby- und Wettkampf-Läufer/innen zu bestimmen. Diese sechswöchige Studie (Test-Retest-Design) wird im Zuge einer Marathonvorbereitung durchgeführt. Viermal pro Woche werden fünf Core Übungen von der Core Strength Gruppe absolviert. Damit liegt die Trainingshäufigkeit in dieser Studie deutlich über jener der Studien von Stanton, Reaburn und Humphries (2004), Cosio-Lima et al. (2003) und Scibek et al. (2001).

Insgesamt nehmen 28 Teilnehmer/innen (zehn Männer, 18 Frauen; Alter: 36,9 +/- 9,4 Jahre) an der Studie teil, welche einer Kontrollguppe (n=14) und einer Trainingsgruppe (n=14) zugeteilt werden. 20 Teilnehmer/innen (acht in der Kontrollgruppe und zwölf in der

Trainingsgruppe) absolvieren den zweiten und finalen Test nach sechs Wochen. Ausschlusskriterium für die Teilnahme an der Studie ist ein gut ausgeprägter Core Stability-Trainingszustand, welcher mittels Sahrmann core stability test im Vorfeld ermittelt wird.

Innerhalb von sieben Tagen werden die Testwerte des 5000m-Laufes, des SEBT und der Bodenreaktionskräfte der Teilnehmer/innen ermittelt. Der SEBT wird in alle acht Richtungen mit jeweils zwei Versuchen durchgeführt. Der 5000m-Lauf-Test wird outdoor auf einer 400m langen Laufbahn abgenommen.

Die Kontrollgruppe hält ihren Trainingsablauf wie gewohnt bei.

Ein zertifizierter Strength and Conditioning Coach zeigt den Teilnehmer/innen der Trainingsgruppe die fünf „core related exercises“ vor, geht die Übungen mehrmals durch, und verteilt die Trainingsprogramme mit Abbildungen und Erklärungen zu den einzelnen Übungen. Die Trainingsgruppe trainiert selbstständig zu Hause, führt genaue Trainingsaufzeichnungen und steigert alle zwei Wochen den Trainingsumfang.

Die fünf „core related exercises”:

- Abdominal crunch on a stability ball
- Back extension on a stability ball
- Supine opposite 1-arm/1-leg raise
- Hip raise on a stability ball
- Russian twist on a stability ball

(Sato & Mokha, 2009)

Das sechswöchige Core Strength Training hat keinen Einfluss auf die Stabilität der unteren Extremitäten und die Bodenreaktionskräfte beim Laufen. Sehr wohl hat das Core Strength Training in der Trainingsgruppe zu einer signifikanten Verbesserung der 5000m-Laufleistung geführt.

Bezugnehmend auf die Bodenreaktionskräfte führen die Autor/innen an, dass die Proband/innen angehalten werden, beide Tests mit derselben konstanten Geschwindigkeit

über die Kraftmessplatte zu absolvieren. Dennoch sind die Mitglieder/innen der Core Strength Trainingsgruppe bei ihren Versuchen schneller, und verursachen dadurch höhere Spitzen an Bodenreaktionskräften.

Beim SEBT zeigt sich, dass die Werte des Post-Tests der Trainingsgruppe eine wesentlich höhere Verbesserungsrate aufweisen als die der Kontrollgruppe. Daraus folgern die Autor/innen: „Even though it is known whether this improvement actually helps runners run faster or prevents potential running-related injuries, a more stable lower extremity should provide better and more consistent movement control." (Sato & Mokha, 2009, S.138)

Auf die signifikante Verbesserung der Laufzeiten der Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe gehen Sato und Mokha nicht näher ein. Nach Ansicht des Autors müssen jedoch die Zeiten der beiden Gruppen beim ersten Messzeitpunkt in der Interpretation des Ergebnisses berücksichtigt werden. Die Core Strength Trainingsgruppe erreicht im Schnitt hier eine deutlich schlechtere Laufzeit als die Kontrollgruppe. Deutlichere Steigerungen sind demnach von Haus aus eher in der Trainingsgruppe zu erwarten.

In der Studie von Stanton, Reaburn und Humphries (2004) („The effect of short-term swiss ball training on core stability and running economy") kommen durchaus ähnliche Übungen vor wie in der Studie von Sato und Mokha (2009). Die Übungen bei Stanton, Reaburn und Humphries sind etwas funktioneller und bestehen zusätzlich aus einer sechsten Core Übung.

22 junge männliche Athleten (Alter: 15,5 +/- 1,4 Jahre) sind Teil dieser Studie. Alle Probanden sind wettkampfmässig in den Sportarten Basketball und Touch Football beheimatet. Keiner der Teilnehmer verfügt über Vorkenntnisse im Bereich Swiss Ball Training.

Vor Beginn der Studie absolvieren alle Probanden zwei Trainingseinheiten mit dem Swiss Ball, um mit dem Trainingsprogramm vertraut zu werden und Lerneffekte zu minimieren. Ein fünfminütiges Aufwärmen am Laufband mit sieben km/h bereitet auf die unterschiedlichen Tests vor. Anthropometrische und EMG Messungen, der Sahrmann core

stability test und der SBPSCST zur Beurteilung der Core Stability und ein Ausbelastungstest am Laufband zur Ermittlung der VO_{2max} werden zweimal durchgeführt; einmal vor und einmal nach der sechswöchigen Trainingsintervention.

Nach den Eingangsuntersuchungen werden die Probanden entsprechend ihren Ergebnissen beim Sahrmann core stability test in die Kontroll- (n=elf) oder in die Trainingsgruppe (n=elf) aufgeteilt. Kriterien für diese Aufteilung sind in der Studie nicht zu finden. Beide Gruppen halten an ihrem normalen sportartspezifischen Trainingsprogramm (vier Trainingseinheiten pro Woche) fest. Die Trainingsgruppe absolviert zusätzlich ein zweimaliges Swiss Ball Training pro Woche. Zusätzlich bekommen diese Probanden einen eigenen Swiss Ball in der entsprechenden Größe und eine Trainingskarte mit den jeweiligen Übungen. Das rund 25 minütige Training wird in den normalen Trainingseinheiten in der Schule mit eingebaut, und von einem/einer Sportlehrer/in beaufsichtigt.

Tab. 6: Swiss Ball training program (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.525)

		Ultimate strength and conditioning											
		1		2		3		4		5		6	
	Week:	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Workout:	Sept.	Sept.	Sept.	Sept.	Sept.	Sept.	Sept.	Sept.	Oct.	Oct.	Oct.	Oct.
Exercise	Date:	4	6	11	13	18	20	25	27	2	4	9	11
Lunge (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
Supine lateral roll (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
Alternating superman (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
Forward roll on knees (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
Supine 2 leg bridge (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
Supine Russian twist (tick as completed)	Weight	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sets	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Reps	8	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8
	Tempo	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
	Rest	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min

* Sept. = September; Oct. = October

Vier Probanden (einer aus der Kontroll- und drei aus der Trainingsgruppe) beenden die Studie vorzeitig, sodass am Ende 18 Datensätze in die statistische Auswertung miteinfließen. Das Ergebnis der Studie ist in allen gemessenen Bereichen ein nicht Signifikantes. Es gibt keine markanten Unterschiede zwischen der Trainings- und der Kontrollgruppe betreffend Sahrmann core stability test, anthropometrischer Messungen und der VO_{2max}. Lediglich innerhalb der Trainingsgruppe kommt es nach sechs Wochen Swiss Ball Training zu einer mittels Sahrmann core stability test gemessenen deutlichen Verbesserung der Core Stability.

Auf der Suche nach möglichen Ursachen für die nichtsignifikanten Ergebnisse liefern die Autoren unter anderem folgende Erklärung:

> „It is possible that the addition of Swiss ball training to an existing training schedule may induce additional fatigue. However, it is unlikely that the low volume of additional training used in the current study would impact on endurance-training performance as measured in the present study." (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.527)

Ein weiterer Erklärungsansatz ist jener der Funktionalität. In den bislang hier dargebrachten Studien, so wie in einigen anderen Studien (Butcher et al., 2007; Cosio-Lima et al., 2003; Sato & Mokha, 2009; Sekendiz, Cug & Korkusuz, 2010; Yaggie & Campbell, 2006) und Core Trainigsprogrammen fehlt dieser Ansatz komplett. Butcher et al. (2007), Stanton, Reaburn und Humphries (2004) erkennen zumindest die Nicht-Funktionalität ihrer Core Übungen, indem sie diese in ihren Studien, wenn auch nur in den Erklärungsansätzen, für das nicht signifikante Ergebnis erwähnen. „The principle of specificity should reflect position specificity, timing, and functional specificity." (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.527) Dem zur Folge sollten Core Übungen den Anforderungen der jeweiligen Sportart/der jeweiligen Zielbewegung entsprechend besser adaptiert werden: „… exercises performed in a unilateral, single-leg support, standing position, where the arms are held in a manner similar to running." (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.527) Damit nähern sich die Autoren dem Ansatz des funktionellen Core Trainings an, welches am Ende des Kapitels „Exkurs: Crunches und Sit-Ups" mit diversen Abbildungen von McGill kurz dargestellt wird.

Neben dem Erklärungsansatz der Funktionalität führen Stanton, Reaburn und Humphries, und einige andere Autor/innen die Eigenheiten des Swiss Ball Trainings als weiteren

möglichen Erklärungsansatz an. „Stability ball exercises in theory will improve afferent and efferent sensorimotor control, with feedback from the somatosensory system.“ (Jakubek, 2007, S.59) “Typically, Swiss ball exercises are characterized by isometric muscle actions, small loads, and long tension times, conducive to the development of core endurance.” (Willardson, 2007a, S.983) „The Swiss ball can be used to increase stability, balance and proprioceptive ability, but not muscle strength.” (Hibbs et al., 2008, S.1001) Mit diesem Zitat beenden Hibbs et al. alle möglichen Spekulationen, dass Core Training mit dem Swiss Ball tatsächlich einen positiven Effekt auf die Leistung von Athlet/innen haben könnte. Bislang wird diese Aussage von allen seriös durchgeführten, randomisierten, kontrollierten – und vor allem richtig interpretierten Studien bestätigt.

Stanton, Reaburn und Humphries beenden ihre Ausführungen in ihrer Studie mit folgendem Zitat:

> „Furthermore, while the findings of this study may contradict the current thoughts and practices of strength and conditioning professionals, coaches and athletes, it does not necessarily discourage the use of Swiss balls because evidence from this and previous investigations demonstrate that core stability is improved by the inclusion of Swiss ball training into an existing training program.” (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.528)

In der vierten und letzten Studie, die allen Einschlusskriterien entspricht, („Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers.” Tse, MacManus & Masters, 2005) finden sich keine Angaben zu den einzelnen Core Übungen und den dazu verwendeten Hilfsmitteln.

Das Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen eines Core Trainingsprogrammes auf die Core Endurance und Aspekte der Leistung (Ausdauer, Geschwindigkeit, Gewandtheit, Kraft) zu untersuchen. Dazu werden 45 männliche Ruderathleten, im Durchschnitt mit einer einjährigen Rudererfahrung von verschiedenen universitären Rudersport-Clubs in Hong Kong für diese Studie rekrutiert. Diese 45 Athleten stehen in der Vorbereitung für einen Ruderwettkampf, und absolvieren drei bis fünf Trainingseinheiten pro Woche. Anzumerken ist, dass diese Athleten zum Zeitpunkt der Studie kein Krafttraining durchführen, und keine Ruderer auf Elite Level sind, wie beispielsweise ihre amerikanischen Kolleg/innen, die das ganze Jahr über trainieren. Der Probandenpool dieser Studie besteht aus Saisonal-Athleten. Der Altersdurchschnitt beträgt 21 Jahre +/- ein Jahr.

25 Probanden werden der Core Trainingsgruppe zugewiesen, und 20 Ruderer der Kontrollgruppe, die kein spezielles Core Training während der acht Wochen erhalten. Die Kontrollgruppe trainiert gemäß ihren normalen Trainingsinhalten weiter. Aufgrund der Vorbereitung für den Ruderwettkampf beinhaltet der Trainingsplan der Kontrollgruppe einige Basis Core Übungen (bent-knee sit-ups: dreimal 30 Wiederholungen; back extension, right und left side flexion auf der Back Extension Maschine: dreimal 20 Wiederholungen pro Übung), die zweimal in der Woche absolviert werden. Elf Probanden scheiden aus der Studie aus, sodass am Ende 20 Ruderathleten in der Core Trainingsgruppe und 14 Ruderathleten in der Kontrollgruppe übrig bleiben.

Das Trainingsprotokoll der Core Gruppe sieht ein zweimaliges rund 30- bis 40- minütiges Training vor, und ist in drei Phasen geteilt. Nach einem kurzen Aufwärmen und Mobilisieren finden in der ersten Phase Rumpfstabilisationsübungen in liegender und sitzender Position statt. Ziel dieser Übungen ist die richtige Aktivierung des M. transversus abdominis, welches mit Druck-Biofeedback Geräten überprüft wird. Nach rund zwei Wochen kommt es zur Anwendung von „postural and stability exercises“ für wiederum rund zwei Wochen. „From weeks 4–8 these types of exercises were maintained, as more strenuous core endurance exercises were introduced.” (Tse, McManus & Masters, 2005, S.548) Genauere Angaben zum Core Trainingsprogramm (Übungsbezeichnung; Intensität und Umfang betreffend) werden nicht gemacht.

Alle pre- und post-Tests werden in einem Physiotherapeut/innen Labor mit demselben Untersuchungspersonal durchgeführt. Jeder Proband bekommt den jeweiligen Test erklärt und vorgezeigt, und hat anschließend die Möglichkeit diesen selbst zweimal zu üben, ehe es zur Testdurchführung kommt. Mindestens 48 Stunden nach den Core Endurance Tests nach McGill (2009) [extensor test (back extensor test), flexor test (abdominal fatigue test), side bridge tests] im Labor werden die Leistungstests, in der Reihenfolge vertical jump, standing broad jump, 10-m shuttle run, 40-m sprint, 2-kg medicine ball overhead throw und 2000-m indoor rowing ergometer abgehalten. Jeder Test wird genau einmal abgenommen.

Abb. 23: Abdominal fatigue test (Tse, McManus & Masters, 2005, S.549)

Die Ergebnisse der Studie sind jenen der drei anderen sehr ähnlich. Nach acht Wochen gibt es sowohl bei den Core Endurance als auch bei den Leistungstests weder zwischen den beiden Gruppen noch innerhalb einer Gruppe markante Unterschiede. Signifikante Steigerungen gibt es lediglich bei der Core Trainingsgruppe sowohl beim right side bridge test als auch left side bridge test. Beim post-Test des back extensor test verzeichnet die Kontrollgruppe minimal höhere Werte als die Trainingsgruppe.

Im Diskussionsteil der Studie versuchen die Autor/innen den minimalen Kraftzuwachs der Kontrollgruppe beim back extensor test auf die mangelnde Motivation der Core Trainingsgruppe und auf deren besseren Ausgangswerte beim pre-Test zurück zu führen. Die nicht vorhandenen Leistungssteigerungen bei den Leistungstests (vertical jump, standing broad jump, 10-m shuttle run, 40-m sprint, 2-kg medicine ball overhead throw und 2000-m indoor rowing ergometer) erklären Tse, McManus und Masters mit der möglicherweise zu geringen Intensität des wahrscheinlich zu geringen Umfanges der Trainingsintervention, oder der vermutlich falschen Messsysteme, die eventuell aufgetretene Leistungssteigerungen nicht erfassen können.

Nur die vier hier behandelten Studien erfüllen die weiter oben angeführten Einschlusskriterien. Diese Studien zählen somit zu den qualitativ höherwertigeren Forschungsarbeiten im Bereich Core Training. Doch auch diese vier Studien sind vom Studiendesign und der schriftlichen Ausführung her nicht einwandfrei.

So ist die Studie von Stanton, Reaburn und Humphries nicht randomisiert. „Following initial testing, the 22 subjects were assigned to either a control or experimental group. Groups were matched on core stability using the results of the initial Sahrmann clinical test of core stability." (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.524)

In der Studie von Tse, McManus und Masters (2005) finden sich keine Angaben über eine mögliche Randomisierung und über das Trainingsprogramm. Lediglich die Trainingshäufigkeit und die drei Phasen der Trainingsintervention sind angeführt. Konkrete Übungen, Intensitätsangaben und Trainingsmittel fehlen komplett.

Das Trainingsprogramm in der Studie von Sato und Mokha (2009) wird detailiert in den Ausführungen beschrieben. Das Training erfolgt jedoch ausschließlich zu Hause. Dies ist die einzige der hier dargelegten Studien, die über einen leistungssteigernden Effekt nach einer Core Trainingsintervention berichtet. Die 5000m-Laufzeiten der Trainingsgruppe haben sich gegenüber der Kontrollgruppe signifikant verbessert. Die Berücksichtigung der Ausgangszeiten beider Gruppen relativiert jedoch diese Signifikanz.

Tab. 7: 5000m-Laufzeiten beider Gruppen (Sato & Mokha, 2009, S.139)
Five-thousand-meter run time for each group before and after training time (mean +/- SD)

	Experimental group, $n = 12$	Control group, $n = 8$
Pretraining (min:s)	29:29 ± 2:38	26:30 ± 1:59
Posttraining (min:s)	28:42 ± 2:23	26:13 ± 1:54
Difference (pre-post)	−0:47	−0:17

Eine genauere Betrachtung von Studien und vor allem die Interpretation dieser und ihrer Ergebnisse erlaubt die Conclusio, dass nicht-funktionelles Core Training keine signifikanten leistungssteigernden Effekte bei Athlet/innen erzielt. Zu diesem Schluss kommen auch Borghuis, Hof & Lemmink (2008), Cissik (2011), Lederman (2010) und Yessis (2009): „Taken together, there is not enough evidence for the benefits of core training and performance to warrant this mode of exercise making up a significant part of a strength and conditioning program." (Cissik, 2011, S.14)

Tab. 8: Übersicht Studien Core Training

Studie:	Proband/innen:	Häufigkeit & Dauer:	Übungen:	Messsysteme:	Ergebnisse:	Anm.:
Butcher et al. (2007)	TS: 17 (8* ♀) TL: 15 (8* ♀) LS: 17 (10* ♀) CG: 17 (9* ♀) Alter: 24 +/- 4	3 TE/Wo 9 Wo Hometraining (alle 3 Wo 1 „monitoring session")	Übungen auf Matte 3 Phasen mit steigender Intensität (Maschinentraining in LS)	DSLL Kraftmessplatte 1RM	Steigerung der Absprunggeschwindigkeit in TS, TL & LS Keine sign. Unterschiede in Absprunggeschwindigkeit in TS, TL & LS	* Anzahl der ♀ am Ende der Studie
Sato & Mokha (2009)	EG: 14 CG: 14 Alter: 36,9 +/- 9,4	4 TE zu 5 Übungen/ Wo 6 Wo Hometraining	4 Übungen am Ball 1 Übung auf Matte	SEBT Kraftmessplatte 5000m-Lauf	Sign. schnellere 5000m-Laufzeit in EG Keine sign. Veränderungen der GRF & in der Stabilität der UE	10 ♂ 18 ♀
Stanton, Reaburn & Humphries (2004)	EG: 11 CG: 11 Alter: 15,5 +/- 1,4	25min 2 TE/Wo 6 Wo Überwachtes Training	Übungen am Ball	Laufband Sahrmann core stability test SBPSCST VO_{2max}	Keine sign. Unterschiede in Core Stability & Running economy zwischen EG & CG Sign. Effekt in Core Stability in EG	Nur ♂ EG: 3 Ausfälle CG: 1 Ausfall Keine Randomisierung!
Tse, McManus & Masters (2005)	EG: 25 CG: 20 Alter: 21 +/- 1,0	30-40min 2 TE/Wo 8 Wo	3 Phasen mit steigender Intensität	4 Core Endurance Tests nach McGill Diverse Leistungstests	Sign. Steigerung beim right side bridge & left side bridge test für die EG Keine sign. Unterschiede im 2000m-indoor rowing ergometer, medicine ball overhead throw, shuttle run, 40-m sprint, vertical & broad jump zwischen EG & CG	Nur ♂ Keine Angaben zu Übungen (Bezeichnung; Intensität; Dauer; Umfang)

10 Conclusio

Dieses Kapitel ist der Versuch, die gesamte Arbeit kurz zusammen zu fassen, alle vier Forschungsfragen noch einmal auf zu zeigen, zu beantworten und Schlussfolgerungen für das Forschungsgebiet „Mythos Core Training“ kurz zu skizzieren.

In dieser Arbeit wird der Core als axiales Skelett, bestehend aus Schädel, Wirbelsäule, Brustkorb, Schulter- und Beckengürtel, definiert. Die wichtigsten Aufgaben des Core sind die Stabilisation der Wirbelsäule und die optimale Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften.

- Welche Muskelgruppen zählen zur Core Muskulatur?

Die Core Muskulatur (autochtone Rückenmuskulatur, Bauchwandmuskulatur, Beckenbodenmuskulatur, Diaphragma, Rumpf-Armmuskulatur, Schultergürtelmuskulatur) überzieht den Core, und sorgt gemeinsam mit dem neuralen und passiven System für die Stabilität der Wirbelsäule. Das muskuläre System ist das wichtigste System zur Aufrechterhaltung der Wirbelsäulenstabilität, da dieses einen Ausfall der passiven Stabilität kompensieren kann. Allerdings ist das aktive Subsystem nur so gut wie das neurale Kontrollsystem, von dem es geführt wird.

Die Core Muskulatur besteht aus:

- Autochtoner Rückenmuskulatur (M. erector spinae):
  - Lateraler & medialer Trakt
- Bauchwandmuskulatur:
  - Vordere (gerade), hintere (tiefe) & seitliche (schräge) Bauchmuskeln
- Beckenbodenmuskulatur:
  - Diaphragma pelvis
  - Diaphragma urogenitale
  - Schließ- & Schwellkörpermuskeln des Urogenital- & Darmtraktes
- Diaphragma (Zwerchfell):
  - Pars costalis, lumbalis & sternalis
- Rumpf-Armmuskulatur
- Schultergürtelmuskulatur

Die Core Muskulatur wird in ein lokal stabilisierendes und global bewegendes Muskelsystem untereilt. Die Muskeln des globalen Systems sind in erster Linie für die Entstehung von Bewegung und Drehmomenten in der Wirbelsäule und für den Erhalt des Gleichgewichtes im Raum zuständig. Diese Muskeln haben längere, größere Hebelarme, die einen größeren Kraftoutput und größeren ROM ermöglichen. Das lokale Muskelsystem besteht aus den kleinen, tiefliegenden Muskeln, welche Festigkeit, intervertebrale Zuordnung einzelner Wirbelsäulensegmente und die Stellung der lumbalen Segmente kontrollieren. Die kleine, gelenksnahe, lokale Muskulatur erfüllt in erster Linie propriozeptive Aufgaben. Um dies besser zu verdeutlichen, kann die Wirbelsäule mit einem Orchester verglichen werden. In diesem Orchester gibt es auf der einen Seite laute Instrumente, die mühelos Lautstärke produzieren können. Dies sind die globalen, oberflächlichen, größeren Muskeln, die effektiv zur Kontrolle gegen Biegungskräfte beitragen und die Wirbelsäule festigen. Auf der anderen Seite gibt es im Orchester Instrumente, die für die feinen Töne zuständig sind, vergleichbar mit den tiefliegenden, kleinen, lokalen Muskeln, die minimal zur Kontrolle gegen Biegungskräfte beitragen, aber dafür effektiv die Kontrolle der intervertebralen Bewegung und der Beckengelenke steuern. Kein System kann für sich alleine die optimale Stabilität für eine gesunde Wirbelsäule erbringen.

Ein Begriff, der in den seltensten Werken als solcher verwendet wird, ist jener der Core Ability. Core Ability setzt sich aus Core Stability und Core Strength zusammen. Core Stability ist low-treshold Training, bei dem motorische Kontrolle, Propriozeption und richtige Aktivierung von primär lokalen Muskeln im Vordergrund stehen. Dabei kommt es zu keiner Bewegung des Rumpfes. Core Strength ist high-treshold Training, Training der globalen Muskeln mit dem Ziel eines erhöhten Kraftoutputs und einer verbesserten Leistung.

Core Stability Training (<30% MVC) ist eine Trainingsmethode des Ausdauertrainings mit dem Ziel, die Mitochondriendichte zu erhöhen und den aeroben Energiestoffwechsel zu verbessern. Core Strength Trainingsprogramme (30-60% MVC) sind Trainingsmethoden des Krafttrainings. Folglich ist Core Training, mit den unterschiedlichen Intensitätsbereichen Core Stability und Core Strength, eine Trainingsmethode sowohl des

Ausdauer- als auch des Krafttrainings. Im Ausdauerbereich ist das Training zur Wirbelsäulenstabilisation (Core Stability) aufgrund der geringen Intensitäten und des geringen Einsatzes an Muskelmasse eine Trainingsmethode der lokalen Ausdauer. Im Krafttrainingsbereich ist Core Training (Core Strength) eine klassische Kraftausdauermethode.

Im Core Training existieren zwei fundierte Core Stabilisationstechniken, welche der australischen und kanadischen Schule entstammen. Abominal hollowing ist jene der australischen Forschungsgruppe, und wird im LBP-Therapiebereich Mitte der 1990er Jahre konzipiert. Ziel dieser Technik ist die Wiedererlangung der neuromuskulären Kontrolle der LWS-stabilisierenden Muskulatur. Dabei nähert sich der distale Teil des M. rectus abdominis durch Kontraktion des M. transversus abdominis und des M. obliquus internus abdominis der LWS an. Der Fokus liegt auf dem M. transversus abdominis. Bei der zweiten Core Stabilisationstechnik, dem abdominal bracing, gibt es keine Fokussierung auf einen einzelnen Muskel. Alle Bauchmuskeln werden kontrahiert, um eine erhöhte Stabilität im LWS-Bereich zu erzielen. Diese Technik stammt von McGill, dem Vertreter der kanadischen Schule.

- Was ist Core Training?

Core Training ist eine Trainingsmethode des Ausdauer- und Krafttrainings, die die Core Muskulatur entsprechend deren Funktionen, vor allem „anti-extension“ und „anti-rotation“, trainiert. Trainingsinhalte sind sowohl isolierte „low-load exercises“ zur Verbesserung der motorischen Kontrolle und Stabilität der Wirbelsäule (Core Stability), als auch funktionelle „high-load exercises“ zur Optimierung der Kraftübertragung in der kinetischen Kette von distal einwirkenden Kräften (Core Strength).

- Wie kann Core Ability messbar gemacht werden?

Zur Messung von Core Ability gibt es (noch) keine goldene Standard-Methode, die allgemein anerkannt wird. Core Ability kann am besten mittels dynamischer Testsysteme, wie beispielsweise dem Core Stability Test nach Liemohn et al., dem Swiss Olympic Rumpfkrafttest, dem Y Balance Test oder dem SEBT gemessen werden. Isolierte,

isometrische Tests, wie der Druck-Biofeedback Test, eignen sich eher für den rehabilitativen Bereich und weniger für den Athletischen, da diese Art von Tests nicht den propriozeptiven dynamischen Anforderungen der motorischen Kontrolle des Core entspricht.

- Hat Core Training leistungssteigernde Effekte bei Athlet/innen?

Nicht-funktionelles Core Training erzielt keine signifikanten leistungssteigernden Effekte bei Athlet/innen.

Die Core Übungen in den hier ausgewerteten Studien sind nicht-funktionell, und werden zum überwiegenden Teil am Boden liegend oder unter Zuhilfenahme eines Swiss Ball durchgeführt. Functional Training hingegen besteht überwiegend aus Übungen, bei denen die Athlet/innen mit beiden Füßen auf dem Boden stehen, nicht von einem Kraftgerät unterstützt oder stabilisiert werden, mehrgelenkige Übungen gemäß den Funktionen der entsprechenden Muskeln durchführen und somit gesamte Bewegungsabläufe trainieren. (Boyle, 2010a; Cook, 2003)

Möglicherweise kann funktionelles Core Training einen Beitrag zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit erbringen – auch, wenn dieser Beitrag nur sehr klein sein mag.

Was den Autor im Zuge der Literaturrecherche überrascht hat, war die Tatsache, dass trotz der Vielzahl vorliegender Studien und wissenschaftlicher Abhandlungen zum Thema Core Training, nur sehr wenig qualitativ hochwertige Studien den Einschlusskriterien entsprochen haben. Schlussendlich blieben vier Studien übrig, wovon drei über ein randomisiertes, kontrolliertes Studiendesign verfügen. Trotz alledem wird Core Training und dessen Benefits von Fitness Gurus, der Fitnessindustrie und Medien in höchsten Tönen empfohlen, auch wenn bis dato eindeutige wissenschaftliche Beweise fehlen.

Möglicherweise steigert funktionelles Core Training indirekt die Leistung, indem es aufgrund einer reduzierten Verletzungsinzidenz zu einem längeren Verbleib im Trainingsprozess, und somit zu einer Leistungssteigerung kommt. Studien mit funktionellem Core Training bei Athlet/innen über einen längeren Zeitraum liegen bis dato leider nicht vor.

Ein Zitat von Hibbs et al. (2008) formuliert nach Ansicht des Autors sehr gut die Wünsche und Forderungen zur weiteren Aufklärung des „Mythos Core Training“:

> „The definitions of core stability and core strength are yet to be clearly established in the rehabilitation and sporting sectors, and as a result, this has led to many contradictory and confusing findings in the area. These definitions need to be established before a clear conclusion as to which exercises and what type of training programme will most effectively result in performance enhancements, such as recovering from or lowering the risk of injury and improving the ability to perform everyday activities or enhancing sporting performance. If future research can establish clear definitions for core stability and core strength and reliable methods for summarizing the effectiveness of different core exercises, fewer injuries and subsequently improved performances in the rehabilitation and athletic sectors should be expected.” (Hibbs et al., 2008, S.1006)

11 Literaturverzeichnis

Abt, J.P., Smoliga, J.M., Brick, M.J., Jolly, J.T., Lephart, S.M. & Fu, F.H. (2007). Relationship between cycling mechanics and core stability. *Journal of Strength and Conditioning research, 21* (4), 1300-1304.

Akuthota, V. & Nadler, S.F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 85* (1), 86-92.

Allen, S., Dudley, G.A., Iosia, M., Stanforth, D. & Steuerwald, B. (2002). Core strength training. *Sports Science Exchange Roundtable 47* (13). Zugriff am 22. Jänner 2011 unter http://www.gssiweb.com/Article_Detail.aspx?articleid=311&level=2&topic=14

Barr, K.P., Griggs, M. & Cadby, T. (2005). Lumbar stabilization: core concepts and current literature, part 1. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 84,* 473-480.

Behm, D.G., Drinkwater, E.J., Willardson, J.M. & Cowley, P.M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 35,* 91-108.

Butcher, S.J., Craven, B.R., Chilibeck, P.D., Spink, K.S., Grona, S.L. & Sprigings, E.J. (2007). The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 37* (5), 223-231.

Borghuis, J., Hof, A.L. & Lemmink, K.A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. Implications for measurement and training. *Sports Medicine, 38* (11), 893-916.

Boyle, M. (2004). *Functional training for sports. Superior conditioning for today´s athlete*. Champaign: Human Kinetics.

Boyle, M. (2010). *Advances in functional training. Training techniques for coaches, personal trainers and athletes.* Aptos: On target publications.

Boyle, M. (2010). *Functional Training. Das Erfolgsprogramm der Spitzensportler*. München: Riva.

Chon, S-C., Chang, K-Y. & You, J.H. (2010). Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomized, controlled study. *Physiotherapy, 96,* 130-136.

Cissik, J.M. (2011). The role of core training in athletic performance, injury prevention, and injury treatment. *Strength and Conditioning Journal, 33* (1), S.10-15.

Cook, G. (2003). *Athletic body in balance. Optimal movement skills and conditioning for performance.* Champaign: Human Kinetics.

Cook, G., Burton, L., Kiesel, K., Rose, G. & Bryant, M.F. (2010). *Movement. Functional movement systems: screening, assessment and corrective strategies*. Santa Cruz: On Target Publications.

Cosio-Lima, L.M., Reynolds, K.L., Winter, C., Paolone, V. & Jones, M.T. (2003). Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17* (4), 721-725.

Cressey, E.M., West, C.A., Tiberio, D.P., Kraemer, W.J. & Maresh, C.M. (2007). The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21* (2), 561-567.

Dannelly, B.D., Otey, S.C., Croy, T., Harrison, B., Rynders, C.A., Hertel, J.N. & Weltman, A. (2011). The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25* (2), 464-471.

Eßers, F. (2002). *Untersuchung zur Kinematik im Bereich des Scapho-Trapezio-Trapezoidalgelenks der menschlichen Hand bei Zirkumduktion des Daumens.* Dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Faries, M.D. & Greenwood, M. (2007). Core training: stabilizing the confusion. *Strength and Conditioning Journal, 29* (2), 10-25.

Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M.V., Myer, G.D. & Hewett, T.E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 40* (9), 551-558.

Gambetta, V. (2006). *Athletic development. The art and science of functional sports conditioning.* Champaign: Human Kinetics.

Gamble, P. (2007). An integrated approach to training core stability. *Strength and Conditioning Journal, 29* (1), 58-68.

Gandevia, S.C., Wilson, L.R., Inglis, J.T. & Burk, D. (1997). Mental rehearsal of motor tasks recruits alpha-motoneurones but fails to recruit human fusimotor neurones selectively. *Journal of Physiology, 505* (1), 259-266.

Gottlob, A. (2007). *Differenziertes Krafttraining mit Schwerpunkt Wirbelsäule.* (2. Aufl.). München: Elsevier.

Grenier, S.G. & McGill, S.M. (2007). Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 88* (1), 54-62.

Hedrick, A. (2000). Training the trunk for improved athletic performance. *Strength and Conditioning Journal, 22* (3), 50-61.

Hibbs, A.E., Thompson, K.G., French, D., Wrigley, A. & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Medicine, 38* (12), 995-1008.

Hides, J.A., Jull, G.A. & Richardson, C.A. (2001). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine, 26* (11), S.243-248.

Hodges, P.W. & Richardson, C.A. (1997). Contraction of the abdominal muscles associated with the movement of the lower limb. *Physical Therapy, 77* (2), 132-142.

Hodges, P.W. & Richardson, C.A. (1997). Feedforward contraction of the transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research, 114*, 362-370.

Hodges, P.W., Cresswell, A.G. & Thorstensson, A. (1999). Preparatory trunk motion accompanies rapid upper limb movement. *Experimental Brain Research, 124*, 69-79.

Jakubek, M.D. (2007). Stability balls: reviewing the literature regarding their use and effectiveness. *Strength and Conditioning Journal, 29* (5), 58-63.

Jeffreys, I. (2002). Developing a progressive core stability program. *Strength and Conditioning Journal, 24* (5), 65-66.

Johnson, P. (2002). Training the trunk in the athlete. *Strength and Conditioning Journal, 24* (1), 52-59.

Jöllenbeck, T. (2002). Die elektromechanische Verzögerung der menschlichen Skelettmuskulatur. Definitionen, ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand, Möglichkeiten und Grenzen einer zuverlässigen Bestimmung und die Bedeutung für Biomechanik und Trainingslehre. *Schriften zur Sportwissenschaft, 35*.

Kaji, A., Sasagawa, S., Kubo, T. & Kanehisa, H. (2010). Transient effect of core stability exercises on postural sway during quiet standing. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24* (2), 382-388.

Kibler, W.B., Press, J. & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine, 36* (3), 189-198.

Kramer, J. (2006, 2. Oktober). *Mit 14 beginnt das Altern. Der amerikanische Fitnesspapst Mark Verstegen über seine Trainingsmethoden für die deutsche Fußball-Nationalmannschaft und Empfehlungen für Nichtprofis*. Zugriff am 19. Jänner 2011 unter http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-49067601.html

Lanning, C.L., Uhl, T.L., Ingram, C.L., Mattacola, C.G., English, T. & Newsom, S. (2006). Baseline values of trunk endurance and hip strength in collegiate athletes. *Journal of Athletic Training, 41* (4), 427-434.

Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 14*, 84-98.

Leetun, D.T., Ireland, M.L., Willson, J.D., Ballantyne, B.T. & Davis, I.M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*, 926-934.

Liemohn, W.P., Baumgartner, T.A. & Gagnon, L.H. (2005). Measuring core stability. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19* (3), 583-586.

Liemohn, W.P., Baumgartner, T.A., Fordham, S.R. & Srivatsan, A. (2010). Quantifying core stability: a technical report. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24* (2), 575-579.

McGill, S. (2001). Low back stability: from formal description to issue for performance and rehabilitation. *Exercise and Sport Science Reviews, 29* (1), 26-31.

McGill, S., Grenier, S., Kavcic, N. & Cholewicki, J. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 353-359.

McGill, S. (2009). *Ultimate back fitness and performance*. (4. Aufl.). Waterloo: Backfitpro Inc.

McGill, S. (2010). Core training: evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength and Conditioning Journal, 32* (3), 33-46.

McNeill, W. (2010). Core stability is a subset of motor control. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 14*, 80-83.

Moreside, J.M., Vera-Garcia, F.J. & McGill, S. (2007). Trunk muscle activation patterns, lumbar compressive forces, and spine stability when using the bodyblade. *Physical Therapy, 87* (2), 153-163.

Munro, A.G. & Herrington, L.C. (2010). Between-session reliability of the star excursion test. *Physical Therapy in Sport, 11*, 128-132.

Müller-Wohlfahrt, H.W. & Schmidtlein, O. (2007). *Besser trainieren! Den ganzen Körper und nicht nur die Muskeln stärken. So lernen Sie von den Erfolgsstrategien der Profis*. München: Zabert Sandmann.

Myers, T.W. (2004). *Anatomy Trains. Myofasziale Meridiane.* München: Elsevier.

Nadler, S.F., Malanga, G.A., Bartoli, L.A., Feinberg, J.H., Prybicien, M. & Deprince, M. (2002). Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34* (1), 9-16.

Navalta, J.W. & Jr, S.P.H. (2007). Core stabilization exercises enhance lactate clearance following high-intensity exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21* (4), 1305-1309.

Ng, J.K-F., Richardson, C.A., Parnianpour, M. & Kippers, V. (2002). EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *Journal of Orthopaedic Research, 20*, 112-121.

Okada, T., Huxel, K.C. & Nesser, T.W. (2010). Relationship between core stability, functional movement, and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 0* (0), 1-10.

Oliver, G.D. & Brezzo, R.D. (2009). Functional balance training in collegiate women athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 23* (7), 2124-2129.

Oliver, G.D., Dwelly, P.M., Sarantis, N.D., Helmer, R.A. & Bonacci, J.A. (2010). Muscle activation of different core exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24* (11), 3069-3074.

Panjabi, M.M. (1992). The stabilising system of the spine. Part 1. Function, dysfunction, adaption, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders, 5*, 383-389.

Radebold, A., Cholewicki, J., Panjabi, M.M. & Patel, T.C. (2000). Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine, 25*, 947-954.

Richardson, C., Jull, G., Hodges, P. & Hides, J. (1999). *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain*. London: Churchill Livingston.

Richardson C.A., Snijders C.J., Hides J.A., Damen L., Pas M.S & Storm J. (2002). The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine, 27*, 399-405.

Richardson, C., Hodges, P. & Hides, J. (2009). *Segmentale Stabilisation im LWS- und Beckenbereich. Therapeutische Übungen zur Behandlung von Low Back Pain*. München: Urban & Fischer.

Robinson, R. H. & Gribble, P.A. (2008). Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 89*, 364-370.

Sahrmann, S.A. (2002). *Diagnosis and treatment of movement impairment syndroms*. St. Louis: Mosby.

Schnabel, G., Harre, H.D. & Krug, J. (2008). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.

Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2005). *Prometheus. LernAtlas der Anatomie.* Stuttgart: Georg Thieme.

Sekendiz, B., Cug, M. & Korkusuz, F. (2010). Effects of swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24* (11), 3032-3040.

Stephenson, J. & Swank, A.M. (2004). Core training: designing a program for anyone. *Strength and Conditioning Journal*, 26 (6), 34-37.

Thompson, C.J., Cobb, K.M. & Blackwell, J. (2007). Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21* (1), 131-137.

Tschopp, M. (2003). *Manual Leistungsdiagnostik Kraft.* Magglingen: Qualitätsentwicklung Sportmed Swiss Olympic.

Tse, M.A., McManus, A.M. & Masters, R.S.W. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19* (3), 547-552.

van Dieen, J.H., Thissen, C.E., van de Ven, A.J. & Toussaint, H.M. (1991). The electro-mechanical delay of the erector spinae muscle: influence of rate of force development, fatigue and electrode location. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *63*, 216-22.

Verstegen, M. & Williams, P. (2006). *Core performance essentials: the revolutionary nutrition and exercise plan adapted for everyday use*. New York: Rodale.

Verstegen, M. & Williams, P. (2007). *Core Performance. Das revolutionäre Workout Programm für Körper und Geist.* (5.Aufl.). München: Riva.

Willardson, J.M. (2007). Core stability training: applications to sports conditioning programs. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21* (3), 979-985.

Willardson, J.M. (2007). Core stability training for healthy athletes: a different paradigm for fitness professionals. *Strength and Conditioning Journal, 29* (6), 42-49.

Willson, J.D., Dougherty, C.P., Ireland, M.L. & Davis, I.M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13 (5), 316-325.

Yaggie, J.A. & Campbell, B.M. (2006). Effects of balance training on selected skills. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20* (2), 422-428.

Yessis, M. (2009, 22. Juni). Core strength for runners. Zugriff am 27. Dezember 2010 unter http://www.dryessis.com/wp/?p=458

12 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Muskuläre Verspannung der Fascia thoracolumbalis (Gottlob, 2007, S.205)..... 24
Abb. 2: Muskelkorsett und Fascia thoracolumbalis (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.88)..... 36
Abb. 3: Stability of a column (Grenier & McGill, 2007, S.58)..... 40
Abb. 4: Übersicht der drei Teilsysteme (modif. nach Panjabi 1992; Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.16) 42
Abb. 5: Core training and potential performance benefits. (Hibbs et al., 2008, S.1005) 49
Abb. 6: Querschnitt Bauchraum (modif. nach Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.82) 51
Abb. 7: Vergleich der Core Stabilisationstechniken (Richardson et al., 2002, S.402)..... 55
Abb. 8: Hollowing and bracing simulation (Grenier & McGill, 2007, S.58)..... 61
Abb. 9: Wirbelsäulen-Bezugsachsen (Gottlob, 2007, S.261)..... 72
Abb. 10: Wheel Rollout (Boyle, 2010a, S.89)..... 73
Abb. 11: "Stir the pot" exercise (McGill, 2010, S.38) 74
Abb. 12: Slamball exercise (McGill, 2010, S.44) 74
Abb. 13: Side bridge mit Progressionen (McGill, 2010, S.80) 75
Abb. 14: TRX Rollout (Boyle, 2010a, S.90)..... 75
Abb. 15: Quad arm raise (parallel) (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.584)..... 78
Abb. 16: Testung der ventralen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.18)..... 82
Abb. 17: Testung der lateralen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.20)..... 83
Abb. 18: Testung der dorsalen Rumpfkette (Tschopp, 2003, S.21)..... 85
Abb. 19: YBT-UQ Medial Reach (Cook et al., 2010, S.369) 88
Abb. 20: YBT-LQ Posterolateral Reach (Cook et al., 2010, S.371) 89
Abb. 21: Anterior reach direction SEBT (Munro & Herrington, 2010, S.129)..... 91
Abb. 22: Druck-Biofeedback Test (Richardson, Hodges & Hides, 2009, S.188)..... 93
Abb. 23: Abdominal fatigue test (Tse, McManus & Masters, 2005, S.549)..... 106

13 Abkürzungsverzeichnis

1RM: one repetition maximum

ADIM: abdominal draw-in manoeuvre

bpm: beats per minute

CG: control group

CO: nontraining control-Gruppe

CS: core stability

CSA: cross sectional area

DSLL: double straight leg-lowering test

EG: exercise group

EMD: electromechanical delay

FMS: functional movement screen

GRF: ground reaction forces

HIB: Höhere Internatsschule des Bundes

LBP: low back pain

LS: leg strength training-Gruppe

LWS: Lendenwirbelsäule

M.: Musculus

MilAk: Militärakademie

Mm.: Musculi

MVC: maximal voluntary contraction

ÖBH: Österreichisches Bundesheer

ROM: range of motion

SBPSCST: Swiss ball prone stabilization core stability test

SEBT: star excursion balance test

Sign.: signifikant

TE: Trainingseinheit

TL: combination of trunk stability and leg strength training-Gruppe

TrA: M. transversus abdominis

TS: trunk stability training-Gruppe

UE: untere Extremitäten

VO_{2max}: maximale Sauerstoffaufnahme

Wo: Woche

YBT: Y Balance Test

YBT-LQ: Lower Quarter Y Balance Test

YBT-UQ: Upper Quarter Y Balance Test

14 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht Core Muskulatur 28
Tab. 2: Muscle characteristics (modif. nach Faries & Greenwood, 2007, S.11)..... 31
Tab. 3: Übersicht lokale und globale Core Muskulatur..... 34
Tab. 4: Stability reliability table (Liemohn, Baumgartner & Gagnon, 2005, S.585)..... 79
Tab. 5: Referenzwerte Swiss Olypmic Rumpfkrafttest (modif. nach Tschopp, 2003, S.24) 86
Tab. 6: Swiss Ball training program (Stanton, Reaburn & Humphries, 2004, S.525) 102
Tab. 7: 5000m-Laufzeiten beider Gruppen (Sato & Mokha, 2009, S.139)..... 107
Tab. 8: Übersicht Studien Core Training 108

15 Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name:	Mag.(FH) Bernhard Koller, Bakk. rer. nat.
Geburtsdaten:	04.07.1979, Graz
Kontakt:	www.bkayo.at

Ausbildung

2006-2011	Studium der Sportwissenschaft, Universität Wien
1999-2002	Studium der Militärischen Führung, MilAk Wr. Neustadt
1993-1997	BG/BRG HIB Graz-Liebenau; Oberstufengymnasium mit sportlichem Schwerpunkt
1989-1993	Wirtschaftskundliches BRG Graz
1985-1989	Volksschule, Gössendorf

Berufliche Laufbahn

Seit 2006	Fitness- & Personal Trainer HOLMES PLACE, Wien
2004-2005	Sportanimation Club Aldiana, Monastir/Dakar/Granada
2002-2003	Berufsoffizier ÖBH, Gratkorn

Zusatzqualifikationen

2010	NIKE DYNAMIC TRAINING Mastertrainer AIREX® BeBalanced! Mastertrainer
2009	XCO® Shape Mastertrainer XCO® Walking&Running Mastertrainer Aerobictrainer
2008	FLEXI-BAR® Mastertrainer
2007	Gesundheitstrainer
2006	Fitness- & Personal Trainer

16 Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B.: für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B.: Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Wien, im März 2011

Mag.(FH) Bernhard Koller, Bakk. rer. nat.