EMG- und videogestützte Analyse ausgewählter Fit-Karten

Schriftliche Hausarbeit (mit Anhang)
im Rahmen der Ersten Staatsprüfung
für das Lehramt für die Primarstufe

dem Staatlichen Prüfungsamt Dortmund
vorgelegt von

Kozak, Sonja

Dortmund, im Dezember 2002

Themensteller : Univ.-Prof. Dr. Stephan Starischka
Fachbereich : FB 16-Sport

Inhaltsverzeichnis

0 Einleitung

Aus sprachökonomischen Gründen werden im Folgenden die männlichen und weiblichen Sprachformen nicht ausdrücklich genannt. Immer wenn in dieser Arbeit von Proband die Rede ist, sind damit sowohl männliche als auch weibliche Untersuchungsteilnehmer gemeint.

0.1 Herleitung

Im Rahmen des Fit-Karten-Konzeptes, dass seit 1995 von der Arbeitsgemeinschaft „Betriebliche Gesundheitsförderung“ im Bereich Trainings- und Bewegungsforschung des Sportinstituts der Universität Dortmund entwickelt wurde, besteht bei den Kräftigungsübungen für die Bauchmuskulatur Evaluationsbedarf, da diese bisher zwar plausibilitäts-gestützt (Expertenbefragung), jedoch noch nicht apparativ gestützt evaluiert wurden.

Damit eine Übung einen Trainingseffekt zeigen kann, muss je nach Trainingsziel eine Mindestprozentzahl der Maximalkraft überschritten werden. Schon die Messung einer kurzfristigen Beanspruchung bei einer Übung gibt darüber Aufschluss, ob sie im Rahmen eines längerfristigen Trainingprozesses potentiell effektiv ist oder nicht (vgl. WYDRA 2002, 18). Es ist daher festzustellen, ob die zu untersuchenden Fit-Karten-Übungen diesen Schwellenwert über-schreiten und damit trainingswirksam sein können (Prinzip des wirk-samen Trainingreizes).

Darüber hinaus ist zu prüfen, ob tatsächlich die auf der Fit-Karte angegebenen Muskeln beansprucht bzw. welche ihrer Anteile in besonderem Maße innerviert werden. Durch die Ergebnisse der Evaluation können differenziertere Übungsangaben ermöglicht werden.

Um die zwei für dieser Arbeit in Betracht kommenden Fit-Karten zur Kräftigung des Bauchmuskels evaluieren zu können, muss ein

Bezugsrahmen geschaffen werden. Daher ist es nötig, weitere potentielle Bauchmuskel-Fit-Karten-Übungen zu entwickeln.
Darüber hinaus ermöglicht erst eine Zusammenstellung mehrerer unterschiedlich belastender Übungen ein effektives Training. Die Fit-Karten-Übungen zur Kräftigung der Bauchmuskulatur sollten daher dem Prinzip der progressiven Belastungssteigerung genügen. Eine Intensitätssteigerung kann dabei noch zusätzlich mit höher koordinativen Ansprüchen kombiniert werden. Ein weiteres Prinzip der Trainingslehre, das Prinzip der Variation der Trainingsbelastung, kann mit Hilfe einer Fit-Karten-Zusammenstellung zu einer Muskelgruppe dann ebenfalls realisiert werden. Durch die Ausführung neuer, beanspruchenderer Übungen kann bei zunehmendem Trainingsalter die Belastungsmonotonie durchbrochen und infolge überschwelliger Reize können Homöostasestörungen induziert werden. Darüber hinaus ist auch unter dem Gesichtspunkt der Motivation eine Auswahl an Bauchmuskelkräftigungsübungen empfehlenswert.
Dieses Vorgehen erscheint sinnvoll, da nach McGILL und AXLER (1997, 804ff.) gilt, dass eine Übung unabhängig von einem guten challenge-to-compression-Verhältnis nicht generell für alle Personen gleichermaßen geeignet sein muss. Es sollte daher eine Übungsauswahl vorhanden sein, um unter Berücksichtigung individueller Faktoren wie Trainingsziel, Fitnesszustand, Krankengeschichte usw. eine Übung auswählen zu können. WYDRA (2002, 22) argumentiert ebenso und führt zusätzlich an, dass bei einem vielseitigen und abwechslungsreichen Training die Gefahr einer einseitigen Überlastung reduziert ist.

0.2 Ziel der Arbeit

Unter Berücksichtigung der Zusammenstellung von aktuellen Bauchmuskelübungen und einer Expertenbefragung sollen sechs Fit-Karten-Entwürfe erstellt und zusammen mit den zwei bereits vorhandenen Fit-Karten dieser Muskelgruppe evaluiert werden. Hierzu dienen 15 weibliche und 15 männliche Sportstudierende der Universität Dortmund als Probanden.

Die Fit-Karten werden unter folgenden Fragestellungen quantitativ und qualitativ bearbeitet:

– Inwiefern beanspruchen die ausgewählten acht Übungen die Bauchmuskeln M. rectus abdominis upper und lower part, M. obliquus externus abdominis und M. obliquus internus abdominis in ihrer Gesamtheit?
– Wie ist die Belastung der vier Einzelkomponenten für sich genommen?

Zur Beantwortung dieser Fragen sollen durchschnittliche Beanspruchungsniveaus der Übungen mit Hilfe von videogestützten EMG-Aufnahmen ermittelt werden. Daraus werden für die einzelnen Muskeln bzw. Muskelanteile und den gesamten Bauchmuskel Ranglisten in Bezug auf deren Belastung erstellt.

Darüber hinaus sollen über das Probandenkollektiv gemittelte Aktivitätsverläufe zu jeder Übung für alle Muskelanteile erstellt werden.

Auf Grund der Ergebnisse lässt sich feststellen, ob die Fit-Karten-Übungen für die Bauchmuskulatur und ihre vier ausgewählten Anteile unterschiedlich beanspruchend sind. Dies soll an den Beanspruchungsprofilen mittels deskriptiver und analytischer Statistik überprüft werden.

Die Aktivitätsverläufe der acht Übungen werden rein deskriptiv betrachtet.

Auch das subjektive Belastungsempfinden der Probanden soll mittels Borg-Skala festgehalten werden. Das gemittelte subjektive Belastungsempfinden jeder Übung wird anschließend in Bezug zur Belastungsrangliste gesetzt.

Für jede überprüfte Bauchmuskelübung wird ein Fit-Karten-Entwurf erstellt.

0.3 Struktur der Arbeit

In Kapitel 1 wird zunächst ein allgemeiner Überblick über die Fit-Karten gegeben. Dabei wird der Entstehungshintergrund aufgezeigt, Inhalte und Ziele des Fit-Karten-Programms werden zusammengefasst, Kategorisierungsmöglichkeiten und Vermittlungs- sowie Organisationsformen vorgestellt. Darüber hinaus sind Nutzungsmöglichkeiten der Fit-Karten, eine schon bestehende Evaluation des Konzeptes sowie die Einordnung der in dieser Arbeit zu analysierenden Fit-Karten in das bereits vorhandene Konzept aufgeführt. Abschließend wird ein Ausblick über mögliche Weiterentwicklungen dieses Konzeptes gegeben.

In Kapitel 2 werden die für diese Arbeit notwendigen theoretischen Grundlagen behandelt. Zunächst werden anatomisch-physiologische Grundlagen des neuromuskulären Systems erörtert. Daran anschließend werden Bedeutungen und allgemeine Funktionen der Bauchmuskulatur mit ihren Muskelanteilen aufgezeigt. Weitere Unterkapitel zum Hintergrund der Arbeit bilden die Themenkomplexe Muskelkraft, fitness- und gesundheitsorientiertes Krafttraining sowie Psyche und Kraft.

Die in dieser Studie angewandte Messtechnik, das Oberflächen-EMG, wird in Kapitel 3 dargestellt. Nach Definitionsklärung und einem kurzen, geschichtlichen Abriss der Elektromyographie wird das Kinesiologische EMG sowie die Elektrodenart erläutert. Im Folgenden werden Signalentstehung-, -verarbeitung und -weiterleitung aufgeführt. Darüber hinaus werden Störgrößen des EMG's aufgezählt und die Signalbearbeitung beschreiben. Das letzte Teilkapitel behandelt die Aussagekraft und den Interpretationsgehalt des EMG-Signals.

Daran schließt sich das Kapitel 4 mit der Darstellung bereits veröffentlichter Untersuchungen zur neuromuskulären Analyse von Bauchmuskelübungen an.

Das Forschungsdesign macht Kapitel 5 aus. Zunächst wird beschrieben, auf welche Weise die zu untersuchenden Bauchmuskelübungen zusammengestellt wurden. Im Folgenden werden die Probandendaten, der Untersuchungsort, die Standardisierung sowie die Vorbereitung und Durchführung der Untersuchung erläutert. Das Kapitel schließt mit den Unterkapiteln Datenerfassung, -bearbeitung sowie Auswertung.

Die anschließende Darstellung der Ergebnisse im Kapitel 6 setzt sich aus sechs Teilen zusammen. Zunächst werden die Fragestellungen quantitativ über Beanspruchungsprofile und qualitativ mittels Aktivitätsverläufen in tabellarischer und graphischer Form dargestellt. Danach werden Übungsranglisten erstellt und ausgewertet sowie das subjektive Belastungsempfinden bei den Übungen in Relation zu den gemessenen Werten gesetzt. Diese drei Ergebnisdarstellungen erfolgen in deskriptiver Form. Anschließend werden die aufgestellten Übungranglisten mittels analytischer Statistik geprüft. Des Weiteren wird deskriptiv die Frage nach Unterschiedlichkeit der Aktivitätsverläufe der acht Übungen behandelt. Den Abschluss dieses Kapitels bilden die in leicht modifizierter Form dargestellten ‚alten' sowie die neu erstellten Fit-Karten.
Im Kapitel 7 werden die dargestellten Ergebnisse im ersten Teilkapitel analysiert und interpretiert. Danach werden Erkenntnisse vorangegangener Studien in Beziehung zu den Ergebnissen dieser Arbeit gesetzt. Das Kapitel schließt mit methodenkritischen Anmerkungen zur eigenen Arbeit.
In Kapitel 8 folgen die Zusammenfassung und ein Ausblick auf mögliche Folgeuntersuchungen.

1 Fit-Karten

Auf Grund des beschränkten Rahmens der Staatsarbeit ist bewusst auf eine detaillierte Vorstellung der ‚Betrieblichen Gesundheitsförderung' in ihrer Breite verzichtet worden. Das Fit-Karten-Programm wird exemplarisch und nicht mit dem Anspruch auf Vollständigkeit behandelt.

1.1 Hintergrund

Das Fit-Karten-Konzept versteht sich als individuell konzipiertes Bewegungsprogramm. Es ist ein auf die Person bezogener Interventionsansatz mit dem Ziel der Verhaltensmodifikation und Veränderung von kognitiv-emotionalen Komponenten. Dabei wird eine Vielzahl von Methoden eingesetzt (Information, Aufklärung, Instruktion, Beratung, Seminar usw.), um ein Problembewusstsein und Wissen zu schaffen, sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten aufzubauen (vgl. STARISCHKA 2000, 1).

Die Arbeitsgemeinschaft „Betriebliche Gesundheitsförderung" im Bereich Trainings- und Bewegungsforschung des Sportinstituts der Universität Dortmund entwickelt interdisziplinär seit 1995 das Fit-Karten-Programm, um aus sportwissenschaftlicher Sicht einen Beitrag zur betrieblichen Gesundheitsförderung zu leisten. Damit werden Alternativen zu bisherigen Gesundheitsprogrammen unter weitest möglicher Minimierung bestehender Schwachstellen entwickelt (mangelnde Ganzheitlichkeit, fehlende Variabilität der Übungsauswahl, fehlende Kombination aus Analyse- und Therapieverfahren usw.) (vgl. VÖLKNER 1996, 40).

1.2 Inhalte und Ziele des Fit-Karten-Programms im Überblick

Um das Ziel, Verhaltensoptimierung zu erreichen, muss zunächst die Basis ausgebildet werden.

In diesem Punkt spielt Kräftigung, im Spezialfall dieser Arbeit die gezielte Kräftigung der Bauchmuskulatur, eine bedeutende Rolle.

Ziel:
Verhaltensoptimierung
↑
Transfer des Verhaltens am Arbeitsplatz in die Freizeit , in die Familie, in die „Selbstverständlichkeit“
↑
Zusätzliche Informationen über Risikofaktoren, z. B. gesunde Ernährung, Stress
↑
Generell gesundes Bewegen und Verhalten am Arbeitsplatz
↑
„Ergonomisches“ Verhalten am Arbeitsplatz, z. B. rückenfreundliches Heben und Tragen.
↑
Basis:
Lockerung/Erwärmung/Vordehnung, Dehnung/Mobilisation, Kräftigung, Entspannung, Koordination, (Kondition, Haltungsoptimierung)

Abb. 1.1: Inhalte und Ziele des Fit-Karten-Programms im Überblick

1.3 Phasen des Fit-Karten-Programms und ihre Intentionen

Das Fit-Karten-Programm lässt sich in drei aufeinander folgende Phasen in Anlehnung an den ‚A-D-A-Dreischritt' der Trainingswissenschaft, einteilen. Für diese Arbeit ist insbesondere die dritte Phase, die der Ansteuerung, bedeutsam, da in ihren Bereich auch die zu analysieren Fit-Karten fallen (vgl. http://www.uni-dortmund.de/MIAS/FK/konzept.htm.).

1.3.1 Analysephase

Der Arbeitsplatz und seine mögliche Problematik wird mit seinen Komponenten (Arbeitnehmer, Arbeitslokation) unter Zuhilfenahme verschiedener Instrumentarien (Gespräche, Fragebögen, Interviews, Videoaufnahmen usw.) analysiert. Man fixiert die erhaltenen Daten, um ein späteres Weiterarbeiten zu ermöglichen.

1.3.2 Diagnosephase

Der körperlichen Zustand der Teilnehmer wird über Muskelfunktions- und sportmotorische Tests erfasst.
In dieser Fähigkeitsanalyse können mögliche Defizite aufgedeckt werden.

1.3.3 Ansteuerungsphase

In dieser Phase geht es um Vorschläge, die auf eine konkrete Verbesserung des psycho-physischen Zustands der Arbeitnehmer und der Arbeitsgestaltung zielen (Pausengestaltung, Bewegung am Arbeitplatz und in der Freizeit) (vgl. VÖLKNER 1996, 46ff.).
Die Fit-Karten zur Kräftigung der Bauchmuskulatur gehören zu dieser primär praxisorientierten Phase. Sie sind dem Mini-Training, einer der drei im Folgenden vorzustellenden Komponenten der Praxisphase, zuzuordnen.

1.3.3.1 Mini-Pausen

Mini-Pausen können als kurze Arbeitsunterbrechungen am Arbeitsplatz definiert werden. Sie dienen der kurzzeitigen Entspannung und Regeneration durch Dehnung, Entspannung, Mobilisation und Koordination, ohne den Arbeitsgang völlig zu unterbrechen.

1.3.3.2 Bewegungspausen

Bewegungspausen sind kurzzeitige Arbeitsunterbrechungen mit Verlassen des Arbeitsplatzes (z. B. PC verlassen und vor dem geöffneten Fenster Übungen ausführen). Sie sollen in den Arbeitsalltag integriert und je nach Bedarf mehrmals am Tag durchgeführt werden.

1.3.3.3 Mini-Trainings

Mini-Trainings unterliegen einem bestimmten Aufbau, sind umfangreicher und dementsprechend zeitaufwendiger als Mini- und Bewegungspausen. Ein weiterer Unterschied zu den zwei anderen Maßnahmen liegt darin, dass die Mini-Trainings auch für den Freizeitbereich konzipiert sind.
Jedes Mini-Training setzt sich aus mehreren Inhaltsaspekten zusammen:

- Lockerung / Erwärmung / Vordehnung
- Kräftigung
- Mobilisation / Dehnung
- Entspannung
- Koordination
- Kondition
- Theoriekarten zur Haltungsoptimierung

und wird individuell zusammengestellt bzw. bei Bedarf verändert (Basisstock von etwa 20-25 Karten notwendig).
Da die Teilnehmer des Programms die Fähigkeit zur selbständigen Gestaltung ihres Arbeits- und Bewegungsalltags erlangen sollen, ist darauf zu achten, dass die Programmkomponenten von ihnen verstanden werden. Daher ist eine adäquate fachliche Betreuung sicherzustellen, die gerade bei eventuell am Anfang individuell auftretenden Problemen und Unsicherheiten mit Rat und Tat zur Seite steht, aber sich zunehmend im Prozessverlauf zurückziehen sollte. (vgl. VÖLKNER 1996, 50 f.; 80 ff.)

1.4 Fit-Karten-Kategorisierung

Das zur Verfügung stehende Kartenkontingent der „Betrieblichen Gesundheitsförderung“ vom Stand 1996 lässt sich - in Orientierung an die Staatsarbeit von VÖLKNER - in mehrere Kategorien und Subkategorien einteilen, die sich häufig überschneiden.
Zunächst erfolgt die Einteilung in Theorie und Übungskarten (vgl. VÖLKNER 1996, 51). Bei den folgenden Kategorisierungen sind die Begriffe, die die Thematik dieser Arbeit betreffen, kursiv hervorgehoben:

- Körperregionen
  (kategorisiert nach primär beanspruchten Muskelgruppen)
  - Kopf
  - Nacken
  - Schultern und Arme
  - *Bauch*
  - Rücken
  - Rumpf insgesamt
  - Hüfte und Beine
  - Füße
- Beanspruchungsformen
  - Lockerung / Erwärmung / Vordehnung
  - *Kräftigung*
  - Dehnung / Mobilisation
  - Entspannung
  - Koordination
  - Kondition / Bewegung
- Ausführungsformen
  - *ohne Partner*
  - mit Partner
  - *ohne Hilfsmittel*
  - mit Hilfsmitteln (alltagsnahe Geräte wie Stuhl, Tischkante, Handtuch usw.)
- Schwierigkeitsgrad

Je schwerer bzw. komplexer eine Übung eingestuft ist, desto mehr Sternchen (1-3) erhält sie. (Einteilung problematisch, da Empfinden individuell unterschiedlich ist)

- *Einsteigerübungen*
- *Fortgeschrittenenübungen*

– Art der Arbeitstätigkeit

- Stehen
- Sitzen
- Heben und Tragen schwerer Lasten

– alphabetische Ordnung: Fit-Karten von A – Z

(vgl. VÖLKNER 1996, 67ff.)

In Bezug auf die zu analysierenden Fit-Karten wird exemplarisch die Beanspruchungsform ‚Kräftigung' thematisiert.

1.5 Vermittlungsformen

Um einen sinnvollen für die Teilnehmer motivierenden, individuellen und variierenden Gebrauch der Fit-Karten zu ermöglichen, sieht das Konzept unterschiedliche Vermittlungsformen vor:

1.5.1 Persönliche Beratung durch Fachkräfte

Fachkräfte stellen eine individuelle Auswahl der Übungen zusammen. Sie leiten die Demonstration und gemeinsame Durchführung. So können eventuelle bestehende Hemmschwellen abgebaut, Fragen geklärt und auftauchende Fehler vermieden werden.
Darüber hinaus können sie später das Grundprogramm modifizieren.

1.5.2 Theoriekarten

Sie geben zusätzliche Hintergrundinformationen zur Handhabung des Programms, zu gesundheitlichen, anatomischen, ergonomischen (Arbeitsplatzgestaltung) und psychischen Thematiken und können als

Erinnerungshilfe für die bei der persönlichen Beratung gegebenen Informationen dienen.

1.5.3 Begleitheft

Es existiert zu jedem Theoriebereich und umfasst die jeweils auf diesen Bereich bezogenen Informationen aus allen Theoriekarten.

1.5.4 Multiplikatorenausbildung

Ausbilder, Vorgesetzte oder andere für eine bestimmte Gruppe verantwortliche Mitarbeiter werden genau in das Fit-Karten-Konzept eingewiesen, so dass sie das erworbene Wissen an die ihnen anvertraute Gruppe weitergeben können.
Die anfängliche persönliche Beratung durch Fachkräfte ist Voraussetzung für das Arbeiten mit dem Fit-Karten-Konzept. Alle weiteren Vermittlungsformen können den individuellen Bedürfnissen entsprechend in Anspruch genommen werden.

1.6 Organisationsformen

Da das Fit-Karten-Programm Anspruch auf Individualität erhebt, ist dem auch bei der Wahl der Organisationsformen Rechnung zu tragen.
Daher beinhaltet das Programm sowohl individuelle, alleine durchzuführende Übungen, Partnerübungen (mit Kollegen, mit Vorgesetzen) sowie Übungen im Team. Es weist einerseits Übungen auf, die am Arbeitsplatz ausgeführt werden können, andererseits aber auch solche, die geeignet sind, um zu Hause durchgeführt zu werden (VÖLNER 1996, 76 ff.).

1.7 Nutzungsmöglichkeiten der Fit-Karten

Da der Körper, um leistungsfähig zu bleiben, bekanntermaßen eines Wechsels von Belastung und Erholung bedarf, ist mit dem Fit-Karten-Konzept (aktive Pausen) ein Instrument gegeben, um die Phasen der

Arbeitsbelastung durch kurze Erholungsphasen zu unterbrechen und dem Körper dadurch das Schöpfen neuer Energien und die Regeneration zu ermöglichen (vgl. VÖLKNER 1996, 79 f.).

Die genaueren Erläuterungen der Nutzungsmöglichkeiten von ‚Mini-Pause', ‚Bewegungs-Pause' und ‚Mini-Training' sind unter Punkt 1.3 ‚Phasen des Fit-Karten-Programms' nachzulesen.

Die Fit-Karten können als so genannte Pausenprogramme eingesetzt werden (Frühstücks- Mittagspause).

Ebenfalls ist der Einsatz als Frühsport (primär Aufwärm- und Kräftigungsübungen) und als Abendprogramm (primär Lockerungs-, Dehnungs-, Mobilisations- und Entspannungsübungen) möglich.

Diese beiden Programmtypen können Teil eines Tagesprogramms sein, dieses wiederum Teil eines Wochenprogramms. Ein Fit-Karten-Wochenendprogramm ist ebenfalls möglich.

Bei Motivations- und Zeitmangel bietet sich die Anwendung von Minimalprogrammen an, die nur wenige Übungen umfassen und daher auch noch in einer sehr arbeitsreichen Woche Anwendung finden können.

Darüber hinaus besteht die Option spezieller Sitzprogramme, die gerade im Bereich der Bürotätigkeiten Beachtung finden sollten.

Durch die Aufzählung wird deutlich, dass zahlreiche Zusammenstellungs- und Nutzungsmöglichkeiten für Fit-Karten existieren, die auf die individuellen Bedürfnisse der Fit-Karten-Benutzer abgestimmt werden können und sich somit durch ein hohes Maß an Flexibilität auszeichnen. Durch Kartenaustausch und Umstellungen kann das Programm immer wieder neu aktualisiert und speziell dem Benutzer angepasst werden.

Genauere Darstellungen zu den Fit-.Karten-Nutzungsmöglichkeiten sind unter VÖLKNER (1996, 79 ff.) nachzulesen.

1.8 Graphische Zusammenstellung des Konzeptes

In der folgenden Graphik wird der Weg, den ein Teilnehmer des Fit-Karten-Programms durchläuft, gezeigt:

Individuelle Mischung und Ergänzung des Fit-Karten-Programms im Laufe der Weiterführung

↑

Probephase mit Betreuung und Beratung

↑

Zusammenstellung eines Fit-Karten-Programms nach individuellen Problemen und Wünschen

↑

Dokumentationskarte	keine Dokumentation

Auswahl der Dokumentation:

↑

Mündliche Erläuterung / Beratung	Steuerungs- und Theoriekarten	Begleitheft	Ausbildung durch Vorgesetzte (indirekt)

Auswahl der Vermittlungsform nach einführender Erläuterungsphase:

↑

individuell	mit Kollegen, im Team	mit Partner	mit Vorgesetzen

Auswahl der Organisationsform:

↑

Mini-Pause	Bewegungspause	Mini-Training	Pausenprogramm	Morgen-Programm	Nacht-Programm	Tagesprogramm	Wochenprogramm	Woch.-end-Programm	Minimal-Programm

Auswahl der Einsatzbereiche:

↑

Körperregion	Beanspruchungsform	Schwierigkeitsgrad	Anfangsbuchstabe	Notwendigkeit von Hilfsmitteln	Art der Haupttätigkeit

Auswahl der Kategorie:

↑

„Fit-Karten-Programm" als eine Möglichkeit der Therapie

⇧

Beratung, Gespräche, Therapievorschläge

↑

Analyse und Diagnose unter sportwissenschaftlicher Begleitung

↑

Gesundheitliche Gefahren oder Probleme?

⇧

Individuum und **Arbeit**

Abb. 1.2: Zusammenstellung der Stufen des Fit-Karten-Konzeptes (VÖLKNER 1996, 91 f.)

1.9 Evaluation des Fit-Karten-Konzeptes

Im Endbericht zum Forschungsvorhaben F 1580 ‚Betriebliche Gesundheitsförderung im Bäckereihandwerk in der Region' von 2000 haben sich positive Auswirkungen der Anwendung des Fit-Karten-Konzeptes abgezeichnet. 11 von insgesamt 14 über 11,5 Monate (bis Ende 1999) betreute Bäckereifachverkäuferinnen empfanden positive Wirkungen durch die Anwendung des Fit-Karten-Konzeptes. Die meisten Teilnehmerinnen nutzten dieses auch noch nach Ende des Projekts primär zur besseren Bewältigung von Alltagsbelastungen, zur Muskelkräftigung, -entspannung sowie zur Vorbeugung und Linderung von Beschwerden weiter. Über den Zeitraum des Projektes entwickelten die Teilnehmerinnen eine positive Einstellung zur eigenen Gesundheit und erkannten „gezielte körperlich-sportliche Aktivität am Arbeitsplatz" (STARISCHKA 2000, 1) als Präventivmaßnahme gegen Beschwerden des Stütz- und Bewegungsapparates. Des Weiteren verbesserte sich ihr Gesundheitszustand nach eigener Einschätzung. Vier der 14 Teilnehmerinnen wünschten darüber hinaus noch zusätzliches Informations- und Übungsmaterial. Bei acht der Teilnehmerinnen ließ die Motivation im Laufe des Projektes nach (vgl. STARISCHKA 2000, 1; 24 f.).

1.10 Zu analysierende Fit-Karten

Die für diese Arbeit ausgewählten Karten sind dem Bereich des Mini-Trainings zu zuordnen. Es handelt sich um spezielle, nicht oder nur bedingt am Arbeitsplatz durchzuführende Bauchmuskelkräftigungsübungen in dynamischer Ausführung ohne Partner und ohne Gerät.
Unter Berücksichtigung der Zusammenstellung von aktuellen Bauchmuskelübungen und einer Expertenbefragung sollen sechs Fit-Karten-Entwürfe erstellt und zusammen mit den zwei bereits vorhandenen Fit-Karten dieser Muskelgruppe evaluiert werden. Diese beiden Karten sind dem Buch „Betriebliche Gesundheitsförderung im Bäckereihandwerk der Region - Entwicklung eines Bewegungspro-

gramms“ (STARISCHKA 2000) entnommen worden. Die Karte ‚Gerader Crunch’ ist darüber hinaus im IKK Fit-Karten-Spiel zu finden.

1.11 Ausblick

Das Fit-Karten-Programm kann als ein noch nicht vollständig abgeschlossenes Programm verstanden werden, das weiterhin erprobt, überarbeitet und evaluiert werden muss (vgl. VÖLKNER 1996, 40).
Momentan wird an zusätzlichen Rückkopplungs- und Motivationshilfen unter Einsatz neuer Medien gearbeitet. Dazu zählen z. B. eine angestrebte Internetpräsenz auf der Homepage der Bundesanstalt für Arbeit (Prototyp Fit-Karten zum Mitmachen) sowie eine angedachte Fitness-chat-line. Während die Staatsarbeit erstellt wurde, ist das Vorhaben der Internetpräsenz realisiert worden, so dass unter *http://www.uni-dortmund.de/MIAS/FK/welcome.htm* fünf ausgewählte Fit-Karten im Netz zum Mitmachen animieren. Darüber hinaus werden auf dieser Seite Hintergrundinformationen zum Fit-Karten-Projekt und zur Fitness gegeben.
Des Weiteren geht es um die Erstellung zusätzlicher individueller Bewegungsprogramme, die außerhalb des Betriebs eingesetzt werden können (Wochenend-Fitkarten; Morgen- bzw. Abendgymnastik).
Ebenfalls ist der Bestand an Informations- bzw. Wissenskarten, Tipp- bzw. Erinnerungs- und Diagnosekarten (Erfassung ausgewählter motorischer Fähigkeiten) noch zu erweitern und Dokumentationskarten sind adressaten- und arbeitsplatzspezifisch zu gestalten.
Weiterführende Untersuchungen sind geplant zu:

- Effekten spezifischer Trainings- und Erholungsmaßnahmen unter den Aspekten Biofeedback, Mikropausen und Kurzzeiterholung sowie Gestaltung von aktiven Bewegungspausen im Tagesverlauf
- Lösungsalternativen zur Optimierung einiger ausgewählter Arbeitspositionen
- EMG- und videogestützten Analysen ausgewählter Fit-Karten im Labor

2 Theoretische Grundlagen

Die für diese Arbeit relevanten Hintergrundinformationen sind in diesem Kapitel dargestellt. Zunächst werden anatomische und physiologische Grundlagen erörtert, dann Grundlagen der Muskelkraft. Abschließend wird auf fitness- und gesundheitsorientiertes Krafttraining eingegangen.

2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die Anatomie und die elektrophysiologischen Gegebenheiten / Prozesse von Nerv und Muskel.
Wegen der Komplexität der Thematik kann nur ein Überblick herausgearbeitet werden.
Im Folgenden werden zunächst die Funktionen und Strukturelemente des Nervensystems, sowie deren elektrische Erscheinungen abgehandelt. Die Muskulatur in ihrem Aufbau wird anschließend aufgezeigt. Daraufhin erfolgt die Zusammenführung in Form einer Beschreibung der neuromuskulären Kontraktion.

2.1.1 Funktionen und Strukturelemente des Nervensystems

Beim Nervengewebe handelt es sich um ubiquitäres Gewebe, das der schnellen Signalübertragung dient und an quasi allen Körpervorgängen durch Regulations-, Koordinations- sowie Kontrollprozessen beteiligt ist (vgl. TREBSDORF 1995, 191). Es sichert die Informationsaufnahme durch Rezeptoren, die Weiterleitung durch afferente Nervenfasern zum zentralen Nervensystem sowie die dortige Verarbeitung und Speicherung. Anschließend erfolgt die Informationsleitung über efferente Nervenfasern zu einem Effektor (z. B. Muskel) mit der darauf folgenden Informationsabgabe an die Umwelt (z. B. durch EMG ableitbare Muskelaktionspotentiale) (vgl. TREBSDORF 1995, 106).

Das Nervengewebe besteht aus Neuronen (Nervenzellen) und Hilfszellen (Gliazellen im ZNS; Schwannsche Zellen im PNS), wobei Nerven aus zahlreichen einzelnen Nervenfasern bestehen.
Ein Neuron setzt sich aus dem eigentlichen Zellkörper dem Perikaryon bzw. Soma und den von ihm abgehenden unterschiedlich spezialisierten Fortsätzen (Dendriten, Neuriten bzw. Axone) zusammen.
Über die kurzen Dendriten, die baumförmig verzweigt sind, werden Informationen in die Zelle geleitet. Die Dendriten dienen somit als Rezeptorpol. Den Effektorpol stellt das lange Axon dar. Dieses gibt die Informationen an andere Zellen weiter, indem es die Erregungen vom Perikaryon wegführt. Am distalen Ende weist das Axon Endbäumchen mit synaptischen Endköpfen auf (vgl. WAGNER 1999, 10f.).
Bei den Gliazellen handelt es sich um bindegewebsähnliches Stützgewebe, das primär Stütz- und Schutzfunktion hat und im Unterschied zu den Neuronen nicht zur Erregung fähig ist (vgl. SCHMIDT 1995, 22 f.)

Markscheidenhaltige Nervenfasern, die für die Innervation der Skelettmuskulatur zuständig sind, besitzen um das Axon eine aus Gliazellen bestehende Ummantelung, die in eine innere Myelin- und äußere Schwannsche Scheide aufgeteilt werden kann. In 1mm Abständen wird diese Scheide durch die sogenannten Ranvierschen Schnürringe, die bei der Erregungsleitung eine bedeutende Rolle spielen, unterbrochen (vgl. TREBSDORF 1995, 105).

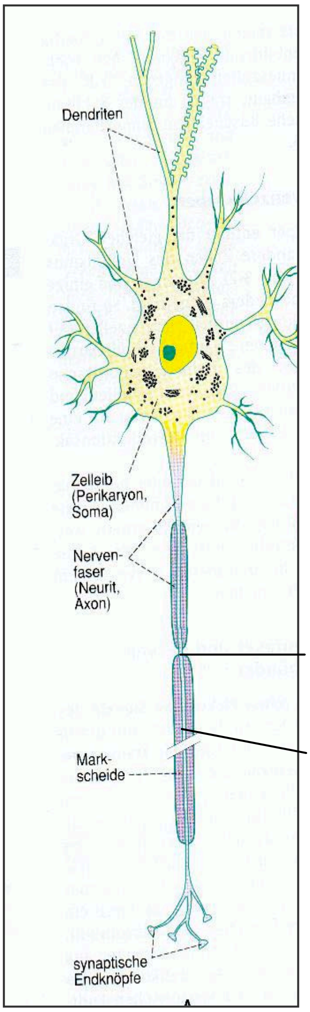


Abb. 2.1: Nervenzelle (SPECKMANN 1998, 58)

2.1.2 Elektrische Erscheinungen des Nervengewebes

Für die elektrischen Vorgänge im Gewebe sind Potentialdifferenzen zwischen den extra- und intrazellulären Räumen der Zellen, die als Membranpotential bezeichnet werden, verantwortlich, die dann mittels EMG (Muskelaktionspotentiale) abgeleitet werden können (vgl. DE MAREES 1996, 47; SCHNEIDER 1991, 1).

2.1.2.1 Ruhepotential

In und außerhalb der Zelle befinden sich Ionen in verschiedenen Konzentrationen (vgl. Tab. 2.1).

	Interstitium (mval / kg H_20)	Zelle (mval / kg H_20)
Na^+	144	10
K^+	5	160
Mg^{2+}	2	28
Cl^-	114	3
$Protein^-$	4	65
Phosphat	2	100

Tab. 2.1:Ionenkonzentrationen im Interstitium und in der Zelle (SILBERNAGL 1991, 65)

Diese unterschiedliche Verteilung bewirkt mit etwa -80mV im Zellinneren das Membranpotential, das als Ruhepotential definiert ist. Es ist vor allem vom Gleichgewichtspotential der Kalium- und Chloridionen abhängig.

In Ruhe sind vorwiegend die Kaliummembrankanäle geöffnet. Für Natrium ist die Durchlässigkeit gering und für Proteinionen ist sie undurchlässig. Infolgedessen diffundieren gemäß dem Konzentrationsgefälle Kaliumionen auswärts, wodurch das Zellinnere zunehmend negativer wird, da die Anionen im Intrazellularraum bleiben. Die Potentialdifferenz zwischen Innen- und Außenseite wird durch die Energie benötigende Natrium-Kalium-Pumpe als aktives Transportsystem aufrechterhalten. In die Zelle eingedrungene Natriumionen werden im Austausch gegen K^+ eliminiert (vgl. SCHMIDT 1995, 8, 20 ff.) (vgl. Abb. 2.2).

2.1.2.2 Aktionspotentialbildung

Durch einen Reiz, der als „[…] eine energetische Veränderung physikalischer und / oder chemischer Natur in der Umgebung der Zelle […]“ (TREBSDORF 1995, 108) zu definieren ist, wird die Membranpermeabilität geändert (APs vorgeschalteter Zellen bewirken APs im Rezeptor). Natriumionen strömen entsprechend des Konzentrationsgefälles in die Zelle ein, wodurch es zur Depolarisation (Verminderung bzw. Aufhebung des Membranpotentials) kommt. Kurzzeitig findet sogar eine Ladungsumkehr bis +30mV statt, bevor die Membran wieder durch Inaktivierung der Na^{+-} Kanäle und Öffnung von zusätzlichen K^{+}-Kanälen repolarisiert und das Ruhepotential somit erneut hergestellt wird (vgl. Abb. 2.2; 2.3).
Das Aktionspotential (AP) ist der Verlauf der Spannungsänderung von der Depolarisation bis zur Wiederherstellung des Ruhepotentials und somit Ausdruck der Erregung. Es dient der Fortleitung der Erregung bei Nerv- und Muskelzellen. Am Skelettmuskel dauert das AP etwa 10ms.
Es muss jedoch eine Mindestreizstärke, auch Schwellenpotential genannt, vorliegen, damit ein Aktionspotential eintreten kann.
Ist dieser Schwellenwert überschritten, werden nach dem Alles-oder-Nichts-Gesetz APs ausgelöst. Eine höhere Reizstärke bewirkt keine Steigerung des Aktionspotentials, jedoch einen Frequenzanstieg der APs. Der überschwellige Reiz führt kurzfristig zu einer erhöhten Membranleitfähigkeit für Natriumionen und dadurch zur Depolarisation mit Ladungsumkehr und anschließender Repolarisation infolge beschleunigtem Kaliumionenaustritts. (vgl. TREBSDORF 1995, 108 f; DE MAREES 1996, 49; SCHMIDT 1995, 23 ff.; WAGNER 1999, 11 ff.)

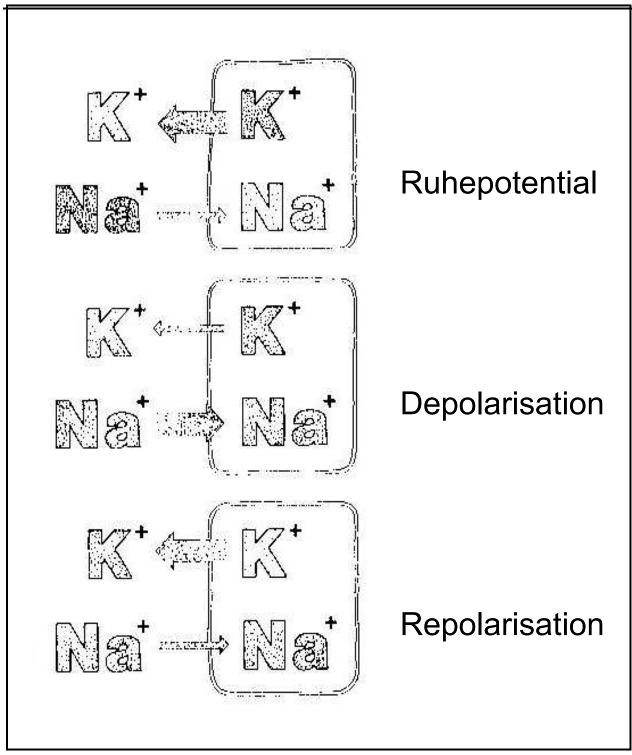


Abb. 2.2: Konzentrationsverhältnisse von Natrium- und Kaliumionen im intra- und extrazellular Raum in unterschiedlichen Zuständen der Zelle (WAGNER 1999, 12)

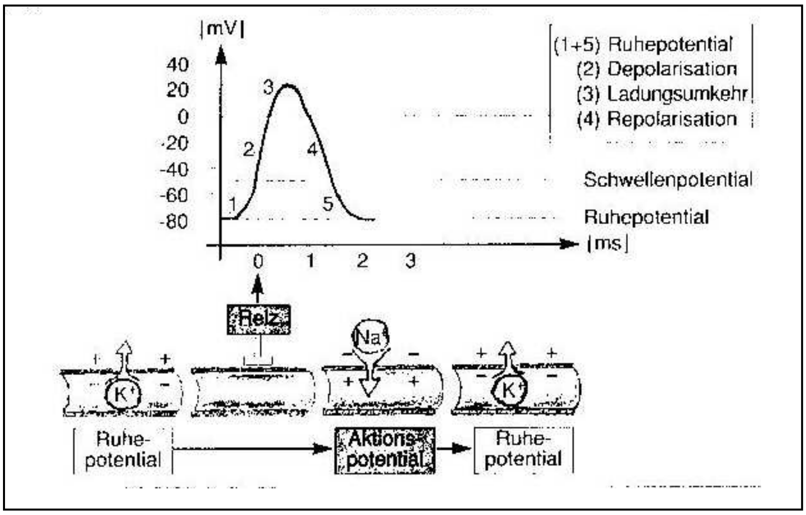


Abb. 2.3: Verlauf der Potentialänderung bei Reizung (TREBSDORF 1995, 108)

2.1.3 Erregungsleitung

Den Vorgang der Weiterleitung der APs entlang der Neuritenmembran bis an die Synapsen wird als Erregungsleitung bezeichnet (vgl. TREBSDORF 1995, 110).
Durch das ausgelöste AP besteht zwischen zwei benachbarten Membranabschnitten eine Ladungsdifferenz. Das bestehende AP wirkt auf den Nachbarabschnitt wie ein überschwelliger Reiz und löst dadurch dort ebenfalls ein AP aus. Dieses erregt wiederum den nächsten Membranabschnitt usw.. Da das Alles-oder-Nichts-Gesetz gilt, wird das AP mit unverminderter Amplitude in den Nervenfasern in Richtung Synapse fortgeleitet.
In markhaltigen Nerven, die die Skelettmuskulatur innervieren und nur an den Ranvierschen Schnürringen erregbar sind (Isolationseffekt der aus Lipiden bestehenden Myelinscheide), erfolgt die Erregungsleitung saltatorisch von Schnürring zu Schnürring. Da die Internodien (Nervenfaserabschnitte, die ummantelt sind) auf diese Weise übersprungen werden, breitet sich das AP sehr schnell und energiesparend aus. Die Fortleitungsgeschwindigkeit hängt darüber hinaus von der Faserdicke ab und nimmt mit zunehmendem Durchmesser ebenfalls zu.
Nervenfasern, die die Skelettmuskulatur innervieren, haben mit einem mittleren Faserdurchmesser von 15μm eine mittlere Leitgeschwindigkeit von 100 Metern pro Sekunde und gehören damit zu den sehr schnell leitenden Neuronen (vgl. TREBSDORF 1995, 110 ff.; DE MAREES 1996, 50; SCHMIDT 1995, 36 ff.; WAGNER 1999, 13f.).

2.1.4 Chemisch synaptische neuromuskuläre Erregungsübertragung

Von Erregungsübertragung spricht man, wenn die Erregung von einem Neuron auf ein anderes, auf eine Muskelzelle bzw. Muskelfaser oder Drüse übertragen wird (vgl. TREBSDORF 1995, 111). Dieser Vorgang erfolgt über speziell ausgestattete Schalt- bzw. Kontaktzellen, die Synapsen, da an anderen Stellen die Myelinisierung der Motoneurone einen Informationsaustausch verhindert. Viele Nervenzellen haben bis

zu 10.000 Synapsen. Daran wird deutlich, wie stark vernetzt die neuronalen Strukturen sind.
Bei der chemischen Übertragung werden nach der Depolarisation der Nervenenden aus den präsynaptischen Endköpfchen Transmitter (u. a. Acetylcholin) in den synaptischen Spalt freigesetzt. Die Transmitter binden sich an Rezeptoren der postsynaptischen Membran und öffnen dort Ionenkanäle, so dass APs in der anderen Zelle ausgelöst werden (vgl. WEINECK 2000, 63; TREBSDORF 1995, 111;SCHMIDT 1995, 43) (vgl. Abb. 2.4).

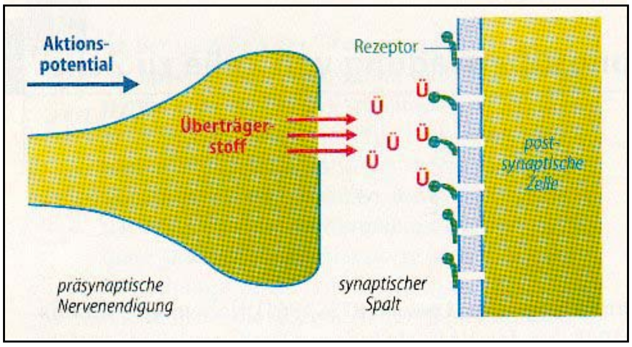


Abb. 2.4: Schema der synaptischen Übertragung (SCHMIDT 1995, 44)

Die Erregungsübertragung von Motoneuronen zu Muskelfasern erfolgt nach dem gleichen Prinzip. Sie weist jedoch noch einige Besonderheiten auf. Jede Axon-Endverzweigung läuft in eine sogenannte neuromuskuläre Synapse aus, die als motorische Endplatte bezeichnet wird und als verbreitertes Ende der Axon-Endverzweigung erscheint. Sie stellt eine „[…] Sonderform einer exzitatorischen, chemischen Synapse zwischen Nervenfaser und Muskelzelle[…]“ (WAGNER 1999, 21) dar.
Darüber hinaus „[…] depolarisiert das einzelne Endplattenpotential um 30mV und mehr und ist sicher überschwellig […]“ (SCHMIDT 1995, 44). Jedes AP, das an der Endplatte ankommt, ruft im Muskel ein AP und damit eine Kontraktion hervor. (Bei anderen chemischen Synapsen sind die Erregungen nicht immer überschwellig.).
Somit setzt das erregte Motoneuron an der neuromuskulären Endplatte Acetylcholin in den synaptischen Spalt frei, welches an den Rezeptoren der Muskeloberfläche ‚andockt’, so eine lokale Depolarisation in Form

des Endplattenpotentials bewirkt und dadurch ein Muskelaktions-potential (MUAP) auslöst, welches dann über die Muskelfaser geleitet die Kontraktion der Myofibrillen bewirkt (vgl. .2.1.7) (vgl. DE MAREES 1996, 53).
Da die motorische Endplatte ein Bestandteil der motorischen Einheit darstellt, welche für die elektromyographische Ableitung von großer Bedeutung ist, wird sie im Folgenden näher erläutert.

2.1.5 Motorische Einheit (motor unit = MU)

Eine motorische Einheit setzt sich aus dem im Vorderhorn der grauen Substanz des Rückenmarks lokalisierten alpha-Motoneuron, seinem langen Axon, den terminalen Ästen sowie allen durch diese Äste versorgten Muskelfasern zusammen (vgl. Abb. 2.5). Sie bezeichnet den kleinsten, einzeln zur Kontraktion erregbaren Teil eines Skelettmuskels.

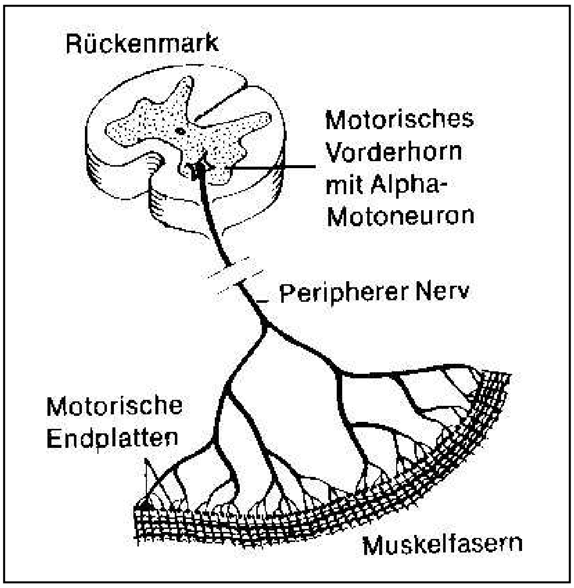


Abb. 2.5: Aufbau der motorischen Einheit (WEINECK 2000, 64)

Die Anzahl und Art der zur motorischen Einheit zugehörigen Muskelfasern und die versorgenden Motoneurone sind auf die Funktion, die der Muskel zu erfüllen hat, abgestimmt. Feine Bewegungen werden durch MUs mit geringer Faseranzahl, große Bewegungen durch MUs mit großer Faseranzahl realisiert (Rekrutierung als Veränderung der

Zahl der beteiligten motorischen Einheiten). Dabei werden MUs mit geringer Faseranzahl auch in der Regel von kleinen Alpha-Motoneuronen, die früh bei progressiver Kraftleistung anspringen, innerviert (Frequenzierung). Große Alpha-Motoneurone werden dementsprechend erst bei einem höheren Kraftaufwand aktiviert, wodurch die Entladungsfrequenz erhöht wird. Durch erhöhte Frequenzierung und Rekrutierung nimmt die realisierbare Kraft zu (vgl. BASMAJIAN 1985, 10 ff.; BLOCK 2000, 320).

Die ‚Art' der MU hat darüber hinaus Einfluss auf die Bewegungsgeschwindigkeit. Große Alpha-Motoneurone weisen eine hohe Reizschwelle auf. Ist diese überschritten, so wird das AP mit einer hohen Impulsentladungsfrequenz auf die ihnen zugeordneten FT-Fasern übertragen. Dementsprechend werden den kleinen Alpha-Motoneuronen mit ihrer geringen Reizschwelle und geringen Impulsübertragungsfrequenz ST-Fasern zugeordnet.

Das Hennemann'sche Größenordnungsprinzip besagt, dass die Aktivierung der Motoneurone durch ihre Rekrutierungsschwelle bestimmt ist und immer einer bestimmten Reihenfolge unterliegt. Zunächst werden immer die ST-Fasern mit ihren kleinen Motoneuronen und der entsprechend niedrigen Erregungsschwelle, dann die schwächeren FTO-Fasern und zum Schluss, bei noch größeren Kraftanforderungen, die starken FTG-Fasern mit ihren großen Motoneuronen und einer hohen Erregungsschwelle aktiviert (vgl. GROSSER et al. 2001, 55; HOHMANN et al. 2002, 73). An dieser Stelle kann auf die weitere Fasereinteilung und deren Funktion nicht näher eingegangen werden. Verwiesen sei auf einschlägige Literatur zu dieser Thematik (EHLENZ 1998, 37 ff.; HOHMANN et al. 2002, 72 ff.; HOLLMANN et al. 2000, 160f.; MARTIN 1993, 117 f.; TITTEL 1994, 57 ff.; WEINECK 1994, 82 ff.; WEINECK 2000, 65f.). Nur des besseren Verständnisses wegen wird erwähnt, dass die ST-Fasern auch unter den Bezeichnungen Slow-Twitch-Fasern bzw. Fasern des Typ I in der Literatur zu finden sind. Sie zeichnen sich durch langsame Kontraktionsgeschwindigkeit, hohe Ermüdungsresistenz sowie niedrigen Glykogen- und hohen Mitochondriengehalt aus. FTO-Fasern ist die Abkürzung für fast twitch oxidative

Fasern. Sie werden auch als Typ IIA bezeichnet. Es sind schnelle Muskelfasern mit hoher Ermüdungsresistenz sowie mit vielen glykolytischen und oxidativen Enzymen. Die FTG-Fasern, auch Typ IIB genannt, sind im Unterschied zu den Typ IIA Fasern leicht ermüdbar und weisen nur einen geringen Mitochondriengehalt auf, wobei der Glykogengehalt stärker ausgeprägt ist. Zusätzlich existieren Intermediärfasern (Typ IIC). Dies sind Fasern, die von ihren Eigenschaften zwischen Typ I und II eingeordnet werden können (vgl. HOHMANN et al. 2002, 73).

Da die Muskelfasern, die zu einer MU gehören, synchron erregt werden, addieren sich deren APs zu einem Gesamtpotential, das dann das AP der MU darstellt (MUAP). Mittels Oberflächenelektroden wird die Aktivität einer großen Anzahl von MUs erfasst (vgl. BASMAJIAN 1985, 10 ff.; BLOCK 2000, 320; SCHNEIDER 1991, 2f.; WEINECK 2000, 65).

Der Begriff der Muskelfaser ist im Folgenden im Gesamtkontext ‚Muskel' dargestellt.

2.1.6 Aufbau des Skelettmuskels

Es wird ausschließlich auf den quantitativ überwiegenden Muskeltyp, die Skelettmuskulatur, eingegangen. Bezüglich der beiden anderen Muskeltypen, der Herz- und der glatten Muskulatur der Eingeweide, wird auf SCHMIDT / THEWS (1995, 82 ff.) verwiesen.

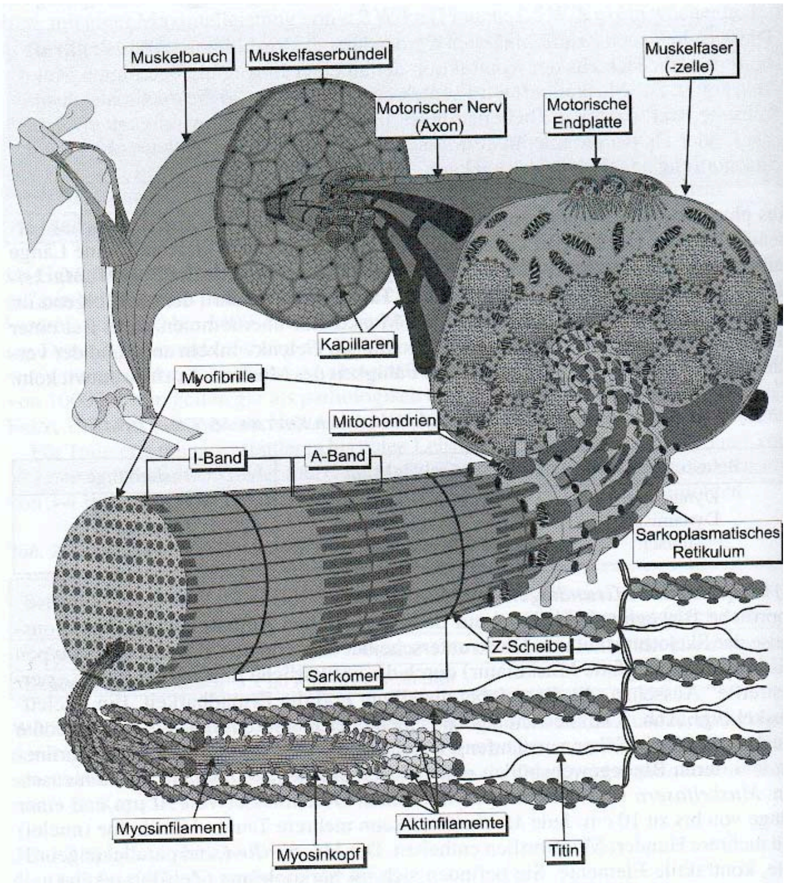
Ein Skelettmuskel setzt sich aus einzelnen bzw. mehreren Muskelköpfen zusammen, die die größten Muskelanteile darstellen und in Sehnen auslaufen.

Ein Muskelkopf besteht aus zahlreichen parallel zueinander angeordneten Muskelfaserbündeln (vgl. Abb. 2.6), die jeweils von Bindegewebssepten (Perimysium) umgeben sind. Diese Muskefaserbündel werden ihrerseits aus einer Vielzahl von Muskelfasern, die vom Endomysium umgeben sind, gebildet.

Muskelfasern sind mit einem Durchmesser von etwa 50-100µm und einer Länge von 10-18 cm Riesenzellen. Diese Riesenzellen können mehrere Tausend randständige Kerne und 100-1000 Myofibrillen enthalten (machen 80% der Muskelfaser aus) (vgl. Abb. 2.6). Die fadenförmigen im Sarkoplasma gelagerten Myofibrillen verlaufen parallel zur Faserrichtung. Sie sind vom sarkoplasmatischen Retikulum (Kalzium-Speichersystem) und den Mitochondrien (Energielieferanten) umgeben.

Myofibrillen konstituieren sich aus Sarkomeren (vgl.). Diese zylindrisch geformten aneinander gereihten (bis zu 40.000 pro Myofibrille) funktionellen Untereinheiten werden durch sogenannte Z-Streifen begrenzt (im Lichtmikroskop sichtbar). Sie bilden die eigentlichen kontraktilen Elemente des Muskels und sind circa 2 μm lang.

Jedes Sarkomer setzt sie aus Muskelfilamenten zusammen (vgl. Abb. 2.6). Die dünneren Aktin- und dickeren Myosinfilamente sind innerhalb des Sarkomers longitudinal angeordnet, wodurch sich die charakteristische Querstreifung der Skelettmuskulatur ergibt (vgl. Abb. 2.6). Die Aktinfilamente sind mit den Z-Scheiben verankert und richten sich zur Sarkomermitte hin aus. Dort überlappen sie im unkontrahierten Zustand ein kleines Stück mit den Myosinfilamenten, die parallel in der Sarkomermitte angeordnet sind. Auf die für den Kontraktionsvorgang bedeutsamen Myosin-köpfchen, die die Aktinfilamente in Richtung Sarkomermitte ziehen, wird erst später näher eingegangen. Neben diesen beiden Filamenten existieren die essentiellen Troponin- und Tropomyosinkomplexe sowie die tertiäre Filamente (u. a. Titin, Desmidin, Nebulin, Talin), die für die Organisation innerhalb der Muskelfaser und den Spannungstransfer zuständig sind (vgl. HOHMANN 2002, 67 ff.; WEINECK 2000, 37 ff.).



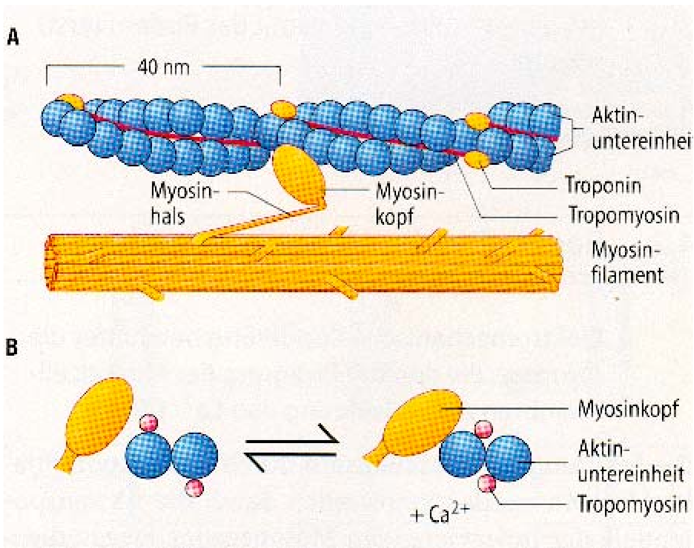
I-Banden: hell erscheinend, da nur Aktinfilamente enthaltend; am Sarkomerrand lokalisiert
A-Banden: anisotrop, d.h. dunkel erscheinend, da Aktin- und Myosinfilamente enthaltend in Sarkomermitte lokalisiert
(vgl. Schmidt 1995, 68)

Abb. 2.6: Aufbau der Skelettmuskulatur (HOHMANN 2002, 68)

2.1.7 Kontraktion des Skelettmuskels

Aufbauend auf dem Wissen über die neuronalen und muskulären Strukturen (vgl. 2.1.1 - 2.1.6) wird im Folgenden der eigentliche Kontraktionsvorgang erläutert.

Ist einmal die Entscheidung für eine bestimmte als Entwurf gespeicherte Bewegungshandlung getroffen worden (im limbischen System), so wird sie nach Bearbeitung durch Assoziationskortex, motorische Hirnkerne (Basalganglien) und Kleinhirn dem Motokortex (Exekutivorgan für Bewegungsprogramme) zugeleitet (vgl. WEINECK 2000, 74). Über die efferenten Bahnen und spinalen Interneurone werden segmental organisierte Bewegungsmuster (Reflexschleifen) mobilisiert. Wie in 2.1.3 und 2.1.4 beschrieben erfolgt dann die Ausbreitung der Erregung entlang des Alpha-Motoneurons bis zur motorischen Endplatte. Dort wird durch das AP Acetylcholin in den synaptischen Spalt freigesetzt. Dieses bindet sich an die Rezeptoren der Muskeloberfläche und evoziert dadurch das Endplattenpotential. Das so ausgelöste MUAP pflanzt sich in den Transversaltubuli der Myofibrillen in die Tiefe der Muskelzelle fort und bewirkt durch die Repolarisation die Freisetzung von Kalziumionen aus den anliegenden Longitudinaltubuli des sarkoplasmatischen Retikulums. Die Erhöhung der Kalziumkonzentration um das 1000-fache führt zu einer Konfigurationsänderung im Bereich des Troponin / Tropomyosinkomplexes am dünnen Aktinfilament, wodurch die bis dahin blockierten Bindungsstellen am Aktinfilament für die Myosinköpfchen freigeschaltet werden (vgl. Abb. 2.7).

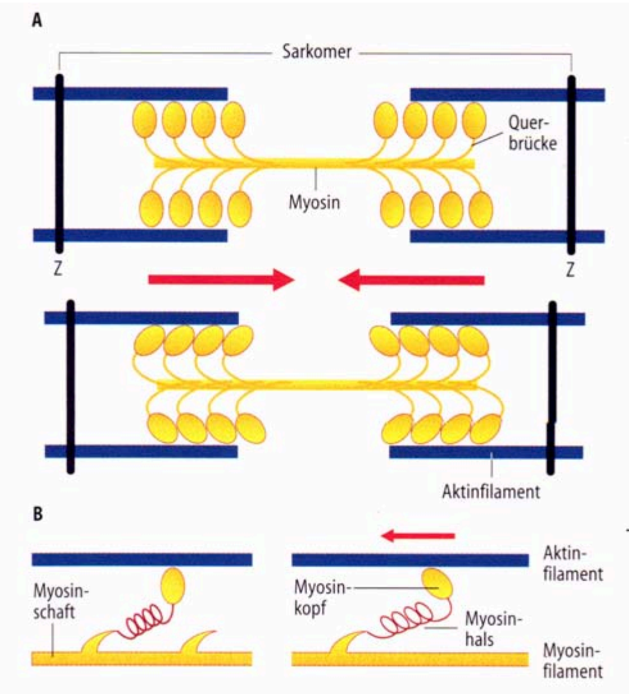


A: Längsschnitt des Aktin- und Myosinfilamentes

B: Querschnitt der Filamente

Abb 2.7: Freischaltung der Bindungsstellen für den Myosinkopf am Aktinfilament

Die Myosinköpfchen lagern sich nun an das Aktin an, führen eine Kippbewegung in Richtung Sarkomermitte aus und ziehen dabei das Aktinfilament zur Sarkomermitte in die Myofilamente hinein, wodurch das Sarkomer verkürzt. Die Länge der Filamente bleibt dabei jedoch unverändert. Dieser energieverbrauchende Vorgang des Hineinwanderns der Aktinfäden in die Myosinzwischenräume wird in der Gleitfilamenttheorie von HUXLEY als Querbrückenzyklus bezeichnet. Er ist durch zahlreiche Greif-Loslaß-Zyklen der Myosinköpfchen gekennzeichnet. Diese repetitiven, einzelnen Querbrückenaktivierungen können trotz der nur minimalen Verkürzung innerhalb eines Sarkomers zu makroskopischen Bewegungen führen, da die hintereinander geschalteten Sarkomere ihre Verkürzungen aufaddieren.



A: oben vor, unten nach der Kontraktion

B: links vor, rechts nach der Kippbewegung des Myosinköpfchens

Abb. 2.8: Modell für die Funktionsweise des Querbrückenzyklus (SCHMIDT 1995, 69)

Für die Kippbewegung der Köpfchen ist Energie nötig. Sie stammt aus der Spaltung von ATP in ADP und P. ATP lagert sich an das Myosinköpfchen an. Dadurch wird es aus einer 45°Stellung in eine 90° Position ‚gespannt'. Dies ist gleichbedeutend mit der Weichmacherfunktion des ATP's (Bindungslösung und Spannen auf 90°), da so keine Querbrückenzyklen mehr stattfinden können und der Muskel in einen entspannten Zustand übergeht. Calcium bewirkt eine Konfigurations-

änderung im Bereich des Troponin / Tropomyosinkomplexes am dünnen Aktinfilament, wodurch die bis dahin blockierten Bindungsstellen am Aktinfilament für die Myosinköpfchen freigeschaltet werden. Das Myosinköpfchen kann mit dem Aktinfilament interagieren. Mittels der aus der ATP-Spaltung freigewordenen Energie knicken die Myosinköpfchen von der 90°-Stellung in die 45° Position ab, so dass dann die Kontraktion hervorgerufen wird (vgl. DE MAREES 1996, 34 ff.; HOHMANN 2002, 69 ff.; SCHMIDT 1995, 68 ff.; WEINECK 2000, 41 ff.).
Den beschriebenen komplexen Vorgang der Erregungsleitung im Transversalsystem (initiiert durch MUAPs), der Kalziumfreisetzung aus dem Longitudinalsystem, „[…] der damit verbundenen Entblockierung der Troponin-Tropomyosin-Sperre sowie die Querbrückenbindung mit nachfolgendem Kontraktionsvorgang […]“ (WEINECK 2000, 43) nennt man elektromechanische Kopplung. Sie findet nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip grundsätzlich in allen Muskelfasern einer motorischen Einheit statt. Auf ihr beruht der eigentliche Kontraktionsvorgang des Muskels. Je nach Anzahl und Art der MU wird die Kontraktion gesteuert (vgl. 2.1.5). Der Ablauf der Muskelkontraktion ist durch das Hennemann´sche Größenordnungsprinzip beschrieben. Es geht davon aus, dass innerhalb eines Muskels zunächst die kleinen und dann die großen MUs rekrutiert werden (vgl. HOHMANN et al. 2002, 73).
Durch das Konzept der MUs ist der Organismus zu einer fast kontinuierlichen Abstufung der vom Muskel erzeugten Kraft fähig (vgl. DIEßTERHORST-KLUG 1997, 5).

2.2 Ausgewählte Muskulatur: vordere Bauchwand

Im Folgenden wird zunächst die Bedeutung und allgemeine Funktion der Bauchmuskulatur erklärt, danach ihre Struktur erläutert und im Anschluss daran werden die einzelnen Bauchmuskeln näher dargestellt. Um wieder in komplexeren Zusammenhängen denken zu können, werden dann die Muskelschlingen der Bauchmuskulatur aufgezeigt und die wesentlichen Funktionen der Bauchmuskulatur für die einzelnen Muskeln graphisch präsentiert.

2.2.1 Bedeutung und allgemeine Funktionen der Bauchmuskulatur

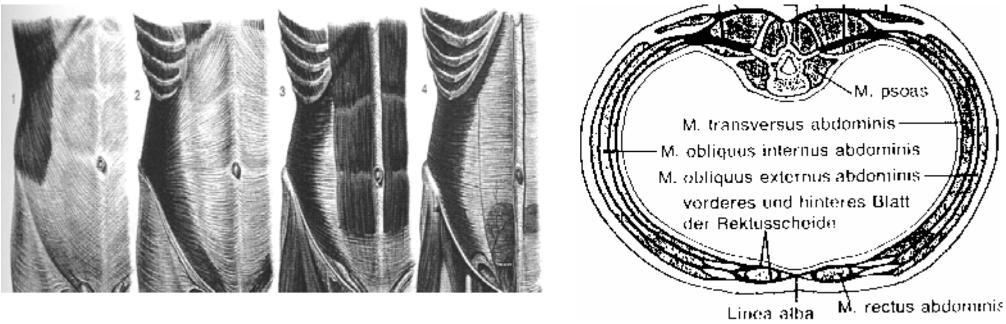
Die Bauchmuskulatur trägt dadurch, dass sie die Wirbelsäule stabilisiert und die physiologische Wirbelsäulenkrümmung aufrecht erhält, zu einer guten Haltung bei. Sie bildet mit ihren Antagonisten, den Rückenmuskeln, eine Art Stützmantel des Rumpfes und hat mit der Bauchpressenfunktion einen lebenswichtigen Einfluss: Durch die Erhöhung des intraabdominalen Druckes wird die Wirbelsäule beim Heben von Lasten entlastet, die Defäkation, Miktion und das Erbrechen werden unterstützt und bei Frauen wird der Geburtsakt auf natürlichem Wege erst ermöglicht. Des Weiteren ist die Bauchmuskulatur für die Atmung wichtig. Erst durch die muskuläre Verspannung der Bauchwand kann ein Absinken der Bauchorgane verhindert und eine flexible Regulation der Weite des Bauchraums ermöglicht werden (Weitung nach Essen und bei Schwangerschaft; Verringerung nach Stuhlentleerung) (vgl. GEHRKE 1999, 108 ff.; BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 67 ff.; LIPPERT 2000, 263 ff.; ROHEN 2001, 54 ff.; SCHWEGLER 1996, 54 ff.).
Darüber hinaus gilt die Bauchmuskulatur als „Kraftzentrum“ (TSCHIRNER 2001, 80) des Körpers und hat entscheidenden Anteil daran, eine Bewegung zu dynamisieren. Da die Bauchmuskulatur über die Fascia thoracolumbalis an der Wirbelsäule verankert ist, ist sie an allen Bewegungen der Wirbelsäule und somit an allen Ganzkörperbewegungen beteiligt (vgl. KEMPF 2000, 13). Darüber hinaus ist der positive psychologische Effekt von gut trainierten Bauchmuskeln (‚Waschbrettoptik / Six-pack’) nicht zu unterschätzen (vgl. TSCHIRNER 2001, 80; BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 67 ff.).
Weil die Bauchmuskulatur als eine zur Abschwächung neigende Muskelgruppe gilt, bedarf sie der gezielten Kräftigung, um ausgewogene Verhältnisse im Bereich der Rumpfmuskulatur zu schaffen (vgl. KRAFT et al. 1989, 197). Neben gesundheitlichen Gründen sind die Bauchmuskeln auch aus sportlichen und ästhetischen Gründen zu trainieren (BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 67).

2.2.2 Strukturierung der Bauchmuskulatur

Im sportwissenschaftlichen Bereich werden in der Regel vier Muskeln zur Bauchmuskulatur gerechnet: die geraden, schrägen, seitlichen und queren Muskeln (vgl. Abb. 2.9). Sie füllen mit ihren unterschiedlichen Verlaufsrichtungen die Flächen zwischen Thorax und oberem Beckenrand sowie den Körperseiten bis zur Lendenwirbelsäule aus und bilden durch ihre ausgeprägte Verspannung und Verflechtung miteinander ein stabiles Muskelnetz (vgl. GEHRKE 1999, 108; KEMPF 2000, 12). Gemäß ihrer Bewegungsrichtungen ist eine Einteilung in ein horizontales, vertikales und diagonales System möglich (M. transversus abdominis, M. rectus abdominis, Mm. obliqui externi et interni abdomines) (vgl. SCHWEGLER 1996, 55 f.).

Dabei sind die Muskeln in drei Schichten angeordnet. Oberflächlich lokalisiert sind die Mm. obliquui externi abdomines sowie der M. rectus abdominis. Darunter liegen die Mm. obliquui interni abdomines und der M. transversus (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 20002, 67)(vgl. Abb. 2.9).

Eine weitere Strukturierung erfolgt durch die Einteilung von Schichten oberhalb und unterhalb des Bauchnabels, die durch die Linea arcuata (vgl. 2.2.3.1) getrennt sind.



1 M. obliquus externus abdominis und vorderes Blatt der Rektusscheide
2 M. obliquus internus abdominis und vorderes Blatt der Rektusscheide
3 M. rectus abdominis und M. transversus abdominis
4 M. transversus abdominis und hinteres Blatt der Rektusscheide

Abb. 2.9: Schichten der Bauchmuskulatur links: Frontalansichten 1-4 (LIPPERT 2000, 157); rechts: Transversalansicht (WEINECK 1997, 92)

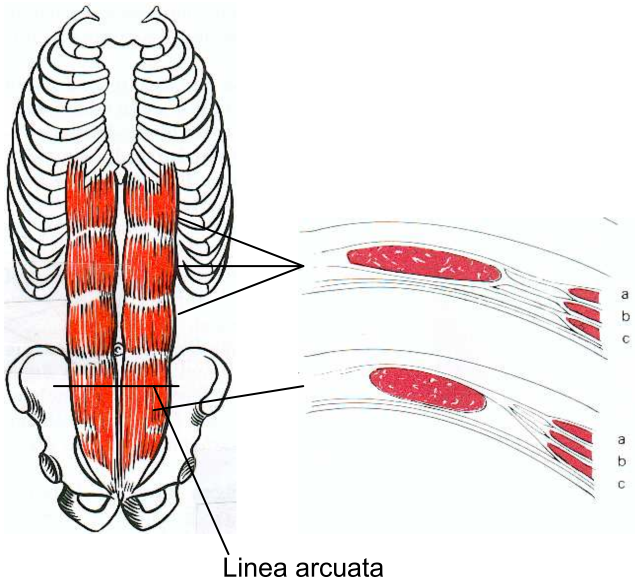
Darüber hinaus zählen noch der M. pyramidalis, der M. cremaster und der M. quadratus lumborum zu den Bauchmuskeln. Der M. pyramidalis fehlt bei 10-20 Prozent der Menschen und hat keine eigene Bewegungsfunktion. Daher wird auf ihn an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Auch der sich aus der Abspaltung vom M. obliquus internus abdominis und M. transversus abdominis ergebende M. cremaster findet hier keine weitere Erwähnung, da er in dieser Arbeit nicht elektromyographisch abgeleitet wurde.
Der quadratus lumborum wird unter 2.2.3.5 beschrieben.

2.2.3 Beschreibung ausgewählter Bauchmuskeln

Im Folgenden werden die verschiedenen Bauchmuskeln in ihrem Aufbau, ihrer Faserverlaufsrichtung, ihrem Ursprung und Ansatz, der Innervation und ihren Funktionen beschrieben. Die im EMG abzuleitenden Muskeln sind zusätzlich bildlich dargestellt. Dabei sind folgende Quellen berücksichtigt worden:
GEHRKE 1999, 108 ff.; HERZOG 1981, 28 ff.; KENDALL 1998, 247 ff.; LIPPERT 2000, 156 ff.; ROHEN 2001, 54 ff.; SCHÄFFLER / SCHMIDT

1994; SCHIEBLER 1999, 242 ff.; TITTEL 1994, 94 ff.; UHLMANN 1991, 84 ff.

2.2.3.1 M. rectus abdominis



a) Aponeurose des M. obliquus externus abdominis
b) Aponeurose des M. obliquus internus abdominis
c) Aponeurose des M. transversus abdominis

Abb. 2.10: M. rectus abdominis: links: Frontalansicht (TITTEL 1994, 96); rechts: Querschnitte und Rektusscheide (KENDALL 1998, 247)

Der M. rectus abdominis ist ein oberflächlich gelegener, flacher (je nach Trainingszustand 8-15 Millimeter dicker) bandförmiger Muskel, der sich kaudal hin verjüngt. Er ist in die sogenannte Rektusscheide eingebettet, die oberhalb und unterhalb des Nabels (Linea arcuata) unterschiedlich gebildet wird: Nach LIPPERT (2000, 160) befindet sich die Linea arcuata etwa drei Fingerbreit kaudal des Nabels. Oberhalb dieser Linie besteht das vordere Blatt der Rektusscheide aus den Aponeurosen des M. obliquus externus abdominis und des vorderen Anteils des M. obliquus internus abdominis. Das hintere Blatt wird oberhalb der Linea arcuata aus den Aponeurosen des M. obliquus internus abdominis sowie des M. transversus abdominis gebildet.

Unterhalb der Linea arcuata liegt der Muskel hinter allen Aponeurosen. Dort ist er nur vom schwachen Bindegewebe der Transversusaponeurose bedeckt.
Die Sehnenfasern der beiden aponeurotischen Blätter der Rektusscheide durchkreuzen sich in der sogenannten Linea alba (Mittellinie).
Der M. rectus abdominis wird durch die Intersectiones tendineae in vier oder fünf vertikal parallele Muskelbäuche unterteilt, wodurch mehrere funktionell unabhängige Abschnitte entstehen. Bei gut trainierten Personen mit niedrigem Fettanteil sind diese deutlich sichtbar (Waschbrettbauch). Die Zwischensehnen sind mit dem vorderen Blatt der Rektusscheide verwachsen, wodurch der M. rectus abdominis in der Rektusscheide einen zusätzlichen Ansatzpunkt erhält. Die Linea alba halbiert den Muskel vertikal in annähernd zwei gleiche Abschnitte.
Der gerade Bauchmuskel entspringt dem oberen Schambeinrand zwischen Tuberculum pubicum sowie Symphyse und setzt an den Außenflächen des 5.-7. Rippenknorpels und am Processus xiphoideus (Schwertfortsatz des Brustbeins) an. Dabei wird der M. rectus abdominis von den Intercostalnerven (Th 5-12) innerviert. Seine Faserverlaufsrichtung ist vertikal:
Der M. rectus abdominis erfüllt folgende Funktionen:

- Flexion der Wirbelsäule durch Annähern von Thorax und Symphyse, welches gleichbedeutend mit Rumpf- bzw. Beckenheben sowie mit Rumpf- bzw. Beckenaufrollen ist
- Bei fixiertem Thorax: Bewegen des Beckens in Richtung Thorax
- Durch Thoraxfixierung Mithilfe bei der Halsflexion (Kopfanheben aus Rückenlage)
- Bei Beckenfixierung: Bewegen des Thorax in Richtung Becken
- Feststellung des Beckens gegenüber der Wirbelsäule
- Bauchpresse
- Exspirationsmuskel durch Nachuntenziehen des Thorax und der dadurch bedingten Senkung der Rippen

2.2.3.2 M. obliquus externus abdominis

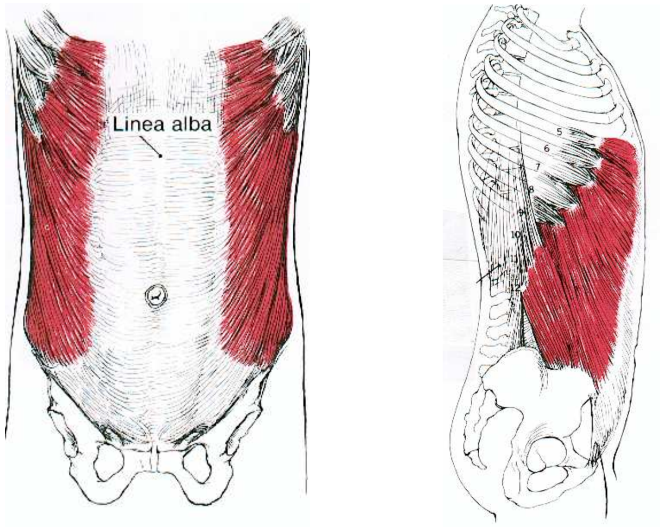


Abb. 2.11: M. obliquus externus abdominis: links: Frontalansicht; rechts: Sagitalansicht (KENDALL 1998, 248)

Der M. obliquus externus abdominis ist der größte und am oberflächlichsten gelegene Bauchmuskel. Er endet in der Aponeurose, die den M. rectus abdominis bedeckt (Rektusscheide). Der M. obliquus externus abdominis teilt sich in zwei Faseranteile (vordere und seitliche) auf, die beide von Intercostalnerven (Th 5-12) innerviert werden.

Die vorderen Fasern entspringen den Außenflächen der 5.-8. Rippe und setzen in einer breitflächigen in die Linea alba mündenden Aponeurose, der Rektusscheide, an. Dadurch, dass seine Fasern im Ursprung mit den Zacken des M. serratus anterior alternieren, ist bei dünnen, durchtrainierten Menschen der Ursprung als ‚Sägelinie' sichtbar. Der Faserverlauf ist dabei vom Ursprung aus kaudal / medial (parallel zur Leistenfurche) ausgerichtet. Er durchkreuzt im rechten Winkel die Fasern des M. obliquus internus abdominis. Die obersten Fasern verlaufen horizontal.

Bei der Funktion dieses schrägen Bauchmuskelanteils unterscheidet man, ob er beidseitig oder nur einseitig innerviert ist.

Bilateral fungiert er ähnlich wie der gerade Bauchmuskel. Er nähert Thorax und Becken an, stützt die Bauchorgane und hat, wenn er die Rippen senkt, Atemhilfsfunktion (Exspiration). Bei unilateraler Tätigkeit agiert der M. obliquus externus abdominis zusammen mit den vorderen Fasern des M. obliquus internus abdominis der Gegenseite. Er führt zur Rotation des Thorax zur Gegenseite (z. B.: rechter M. obliquus externus abdominis rotiert zur linken Seite).

Die seitlichen Fasern entspringen den Außenflächen der 9.-12. Rippe (mit Zacken des M. serratus anterior und des M. latissimus dorsi alternierend) und setzen am Ligamentum inguinale, an der Spina iliaca anterior superior, an der vorderen Hälfte des Labium externum, der Crista iliaca und dem Tuberculum pubicum (obere Schambeinkante) an. Der Faserverlauf ist stärker kaudal ausgerichtet als bei den vorderen Fasern. Die beidseitige Kontraktion führt zur Aufrichtung des Beckens. Bei einseitiger Tätigkeit arbeitet dieser Bauchmuskelanteil mit dem M. obliquus internus abdominis der gleichen Seite zusammen und bewirkt so eine Lateralflexion der Wirbelsäule. Darüber hinaus rotieren diese Fasern ebenfalls wie der andere Anteil des M. obliquus externus abdominis zur Gegenseite.

Die Funktionen des M. obliquus externus abdominis zusammengefasst:

- Bei doppelseitiger Anspannung wie der M. rectus abdominis (vgl. 2.2.3.1)
- Bei einseitiger Anspannung: Rotation des Rumpfes zur Gegenseite bzw. in den seitlichen Fasern Lateralflexion

2.2.3.3 M. obliquus internus abdominis

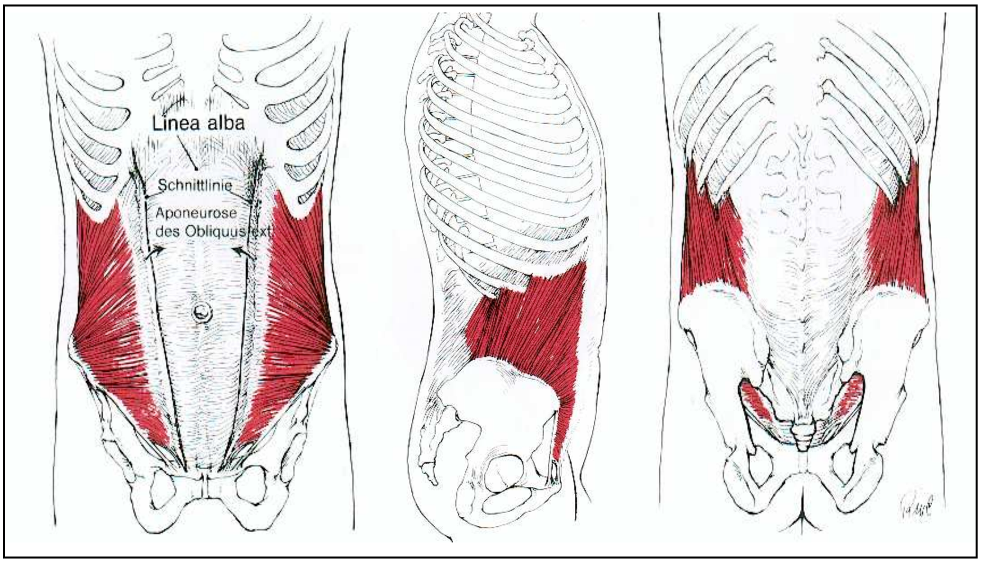


Abb. 2.12: M. obliquus internus abdominis: links: Frontalansicht:mitte: Sagitalansicht; rechts: Dorsalansicht (KENDALL 1998, 249)

Der M. obliquus internus abdominis liegt unterhalb des M. rectus abdominis und des M. obliquus externus abdominis. Er bedeckt den M. transversus und ist fächerförmig gebaut.

Beim M. obliquus internus abdominis werden drei Faseranteile (obere vordere, untere vordere, seitliche) unterschieden, die durch die Intercostalnerven (Th 7-12) sowie durch die Rami ventrales des N. iliohypogastricus sowie des N. ilioinguinalis innerviert werden. Er ist in seiner Ausdehnung kleiner als der darüber liegende äußere schräge Bauchmuskel.

Die oberen vorderen Fasern entspringen dem vorderen Drittel der Linea intermedia der Crista iliaca und finden ihren Ansatz in den beiden Blättern der Rektusscheide. Dabei ziehen die Fasern von kaudal nach schräg kranial, medial.

Primäre Aufgabe bei beidseitiger Innervation ist die Wirbelsäulenflexion. Darüber hinaus fungiert dieser Muskelanteil als Hilfsmuskel bei der Exspiration und als Bauchpresse. Bei unilateraler Tätigkeit arbeitet er mit dem Externus der Gegenseite zusammen (vgl. 2.2.3.2 vordere Fasern).

Ursprung der unteren vorderen Fasern ist das zweite laterale Drittel des Ligamentum inguinale sowie die Spina iliaca anterior superior. Von dort ziehen die Fasern quer zu der Crista pubica, dem medialen Teil des Pecten ossis pubis und zur Linea alba der Rektusscheide.

Ihre Aufgabe besteht darin, zusammen mit dem M. transversus die Bauchorgane zu halten und zu stützen.

Die seitlichen Fasern des M. obliquus internus abdominis haben ihren Ursprung am mittleren Drittel der Linea intermedia der Crista iliaca sowie an der Fascia thoracolumbalis und verlaufen von dort schräg kranial und medial an die Rückseiten der 10.-12. Rippe sowie zu den beiden Blättern der Rektusscheide. Wie bei den oberen vorderen Fasern führt eine beidseitige Innervation zur Wirbelsäulenflexion und damit zur Annäherung von Thorax und Becken. Die Funktion als Atemhilfsmuskel ist ebenfalls gegeben. Bei einseitiger Tätigkeit arbeiten die seitlichen Fasern mit denen des Externus derselben Seite zusammen und führen zur Lateralflexion. Darüber hinaus ermöglichen die Fasern eine Wirbelsäulenrotation (vgl. KENDALL 1998, 249).

Die Funktionen des M. obliquus internus abdominis zusammengefasst:

- Bei doppelseitiger Anspannung wie der M. rectus abdominis (vgl. 2.2.3.1)
- Bei einseitiger Anspannung: Rotation des Rumpfes zur gleichen Seite
- Lateralflexion

2.2.3.4 M. transversus abdominis

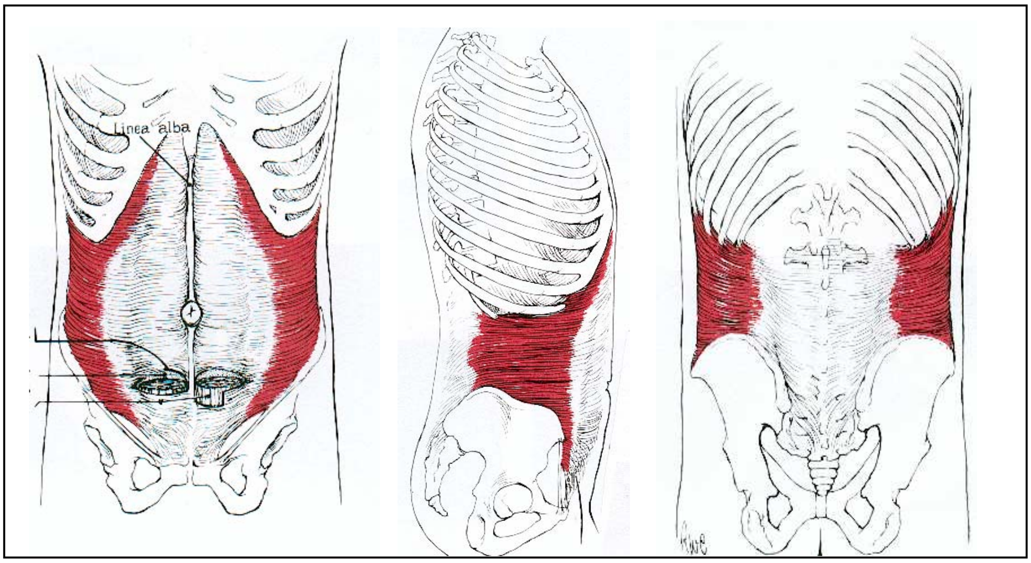


Abb. 2.13: M. transversus abdominis; links: Frontalansicht; mitte: Sagitalansicht; rechts: Dorsalansicht (KENDALL 1998, 251)

Der M. transversus abdominis ist der am tiefsten liegende Bauchmuskel, der vollständig von den anderen verdeckt wird. Sein Name resultiert daraus, dass die Fasern horizontal (transversal) wie ein Gürtel verlaufen. Er entspringt an den Innenflächen der 7.-12. Rippenknorpel (mit Zacken des Diaphragmas alternierend), dem tiefen Blatt der Fascia thoracolumbalis, den vorderen drei Vierteln des Labium internum, der Crista iliaca sowie dem lateralen Drittel des Ligamentum inguinale. Ansatzpunkte sind die breite Aponeurose, die in die Linea alba übergeht, der Pecten ossis pubis und die Crista pubica. Innerviert wird der M. transversus durch die Intercostalnerven (Th (6)7-12), den N. iliohypogastricus und den N. ilioinguinalis. Er hat von allen Bauchmuskeln die stärkste Wirkung auf die Bauchpresse und fungiert als ‚Taillenformer' (Bauchbinde). Dadurch, dass er dafür sorgt, dass die Linea alba bei der Kontraktion der anderen Bauchmuskeln an einer Stelle bleibt, unterstützt er ihre Wirkung. Darüber hinaus verkleinert sein oberer Anteil bei der Ausatmung den epigastrischen Winkel, da der Thorax mit seinen unteren Rippen nach unten innen bewegt wird (vgl. KENDALL 1998, 251).

Die Funktionen des M. obliquus externus abdominis zusammengefasst:

- Bauchpresse
- Einziehen und Spannen der Bauchwand
- Atemhilfsmuskel

2.2.3.5 M. quadratus lumborum

Der M. quadratus lumborum ist der einzige dorsal gelegene Bauchmuskel. Durch das tiefe Blatt der Fascia thoracolumbalis ist er von der Rückenmuskulatur getrennt. Er hat seinen Ursprung am Labium internum der Crista iliaca sowie dem Ligamentum iliolumbale und zieht dann kranial zur 12. Rippe (ventraler Anteil) bzw. bogenförmig zum Processus costales des 1.-4. Lendenwirbels (zweiter Anteil). Die Innervation erfolgt über den N. subcostalis (Th12) und den Plexus lumbalis (L1-3).
Der M. quadratus lumborum hilft bei der Lateralflexion mit und dient zur Verspannung der hinteren Bauchwand.

2.2.4 Muskelschlingen der Bauchwand

Muskelschlingen sind Funktionseinheiten von Muskelgruppen, die gemeinsam arbeiten (MARTIN et al. 1993, 109).
Der M. rectus abdominis und der M. quadratus lumborum dienen der Längsverspannung. Der M. obliquus externus abdominis der einen Seite bildet mit dem M. obliquus internus abdominis der anderen Seite dadurch, dass sie über eine Aponeurose verbunden sind, eine funktionelle Einheit. Die Mm. obliqui interni und externi abdomines ergeben somit zwei sich kreuzende Fasersysteme (Kreuzschlingen / Schräggurtung). Die quere Muskelschlinge, bestehend aus dem rechten und linken Teil des M. transversus abdominis, bildet mit dem M. rectus abdominis ein Kreuz. Daher werden beide Schlingen zusammen auch als die „doppelte Kreuzgurtung der Bauchwand“ (UHLMANN 1991, 86) bezeichnet.

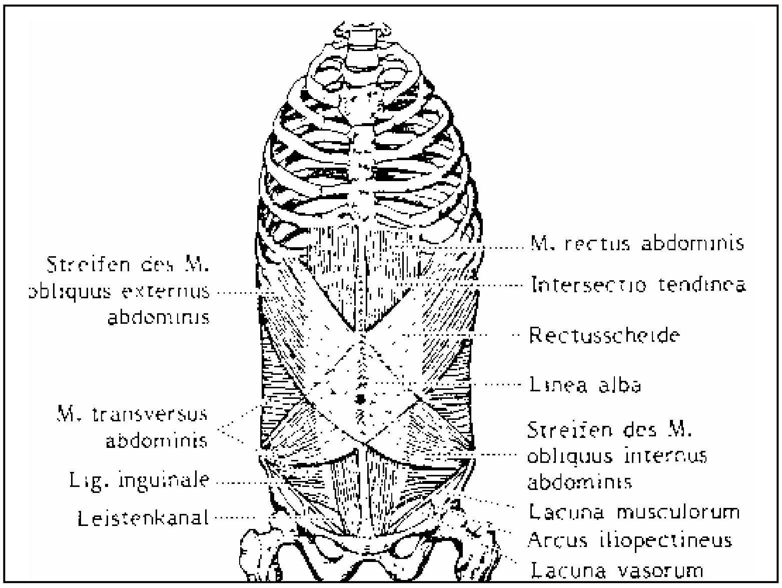


Abb. 2.14: Die Muskelschlingen der Bauchwand (UHLMANN 1991, 86)

Da die geraden, schrägen und queren Bauchmuskeln als funktionelle Einheit agieren, kann ein einzelner Muskel nicht isoliert angesprochen werden (Komplexwirkung). Dennoch sind die unterschiedlichen Anteile je nach Übungsakzent in unterschiedlichen Höhen innervierbar und erfüllen unterschiedliche Funktionen (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 70; KENDALL 1998, 253; ROHEN 2001, 54). Darüber hinaus sollte man beachten, dass gut trainierte schräge Bauchmuskeln die Faszie des M. erector spinae verstärkt und so mit zur Stützung und Entlastung dieses Muskels führen (vgl. ZATSIORSKY 2000, 219).

2.2.5 Vereinfachte graphische Darstellung der Aufgaben der Bauchmuskeln

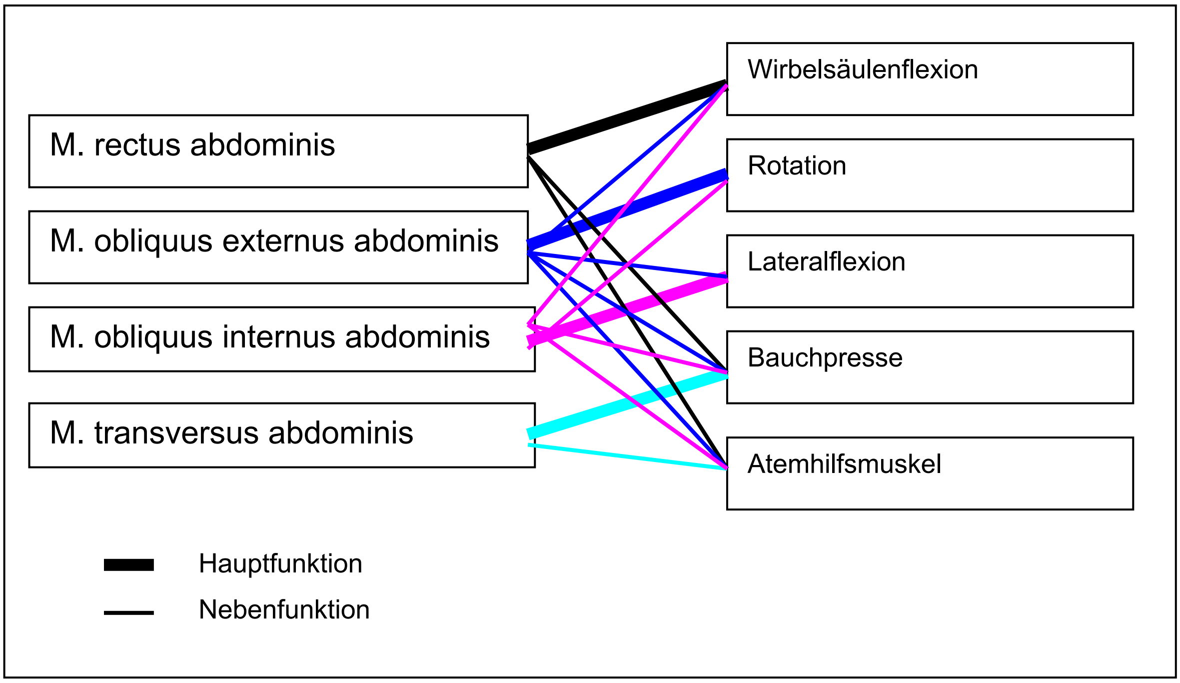


Abb. 2.15: Zusammenfassung der Funktionen der Bauchmuskulatur

2.3 Grundlagen der Muskelkraft

Da körperliche Bewegung ohne Kraft nicht möglich ist und bei den zu analysierenden und zu erstellenden Fit-Karten-Übungen die Kraft die vorherrschende Rolle spielt, ist es notwendig, einen kurzen Überblick über Kraft und ihre Erscheinungsformen zu geben.

2.3.1 Definitionen

Kraft im physikalischen Sinne ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung und lässt sich mit der Formel $F = m \bullet a$ ausdrücken (vgl. EHLENZ et al. 1998, 10; GROSSER et al. 2001, 40; MARTIN et al. 1993, 100; ROTH / WILLIMCZIK 1999, 29). Dabei wird die Masse durch die Körpermasse und die Beschleunigung durch die Kontraktionsfähigkeit bzw. -schnelligkeit der Muskulatur repräsentiert (vgl. EHLENZ et al 1998, 51).

Kraft im biologischen Sinne wird nach GROSSER et al. (2001, 40) als

> „[…] die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) bzw. sie zu halten (statische Arbeit)“ , definiert.

Für das Verständnis sportlicher Leistungen sind sowohl der physikalische als auch der biologische Kraftbegriff von Bedeutung (vgl. EHLENZ et al. 1998, 11).

Eine weitere Kraftdefinition ist bei TIDOW zu finden. Er definiert Kraft „[…] als die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, an den Sarkomerkettenenden gegen Widerstand Zugspannung zu entwickeln […]“ (TIDOW 1999, 689). Diese Kraftdefinition ist meines Erachtens nach von den drei vorgestellten Definitionen für diese Arbeit am Besten geeignet, da sie den größten Bezug zum neuromuskulären System aufweist: Höhere Frequenzentladungen aus den Alpha-Motoneuronen, die mit dem EMG erfassbar sind, bedingen eine größere Kalziumionenausschüttung aus den Longitudinaltubuli und dadurch eine verstärkte Freischaltung der Bindungsstellen am Aktinfilament für die Myosinköpfchen. Somit kommt es zu mehr Brückenbildungen in den Sarkomeren und dadurch zu größeren Zugspannungen bzw. nach TIDOW zu größerer Kraft.

2.3.2 Kraftarten

In Bezug auf das Fit–Karten–Programm ist die Verbesserung der ‚allgemeinen Kraft', also der sportartunabhängigen auf alle Muskelgruppen bezogenen Kraft (vgl. WEINECK 1994, 236) anzustreben. Infolge fehlender Relevanz für diese Arbeit wird auf die ‚spezielle Kraft' mit ihren sportartbezogenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen wie Schlag-, Sprint-, Wurf-, Zugkraft usw. nicht weiter eingegangen (vgl. ROTH / WILLIMCZIK 1999, 248).

2.3.3 Taxonomie der Kraft

Kraft wird durch die zwei physikalisch-physiologisch unterschiedlichen Arbeitsweisen dynamisch und statisch realisiert. Für diese Arbeit ist in den zu analysierenden Fit-Karten-Übungen primär die dynamisch-positive Arbeitsweise relevant. Sie geht mit einer Muskelverkürzung (konzentrisch) bei gleichzeitiger Spannungsänderung (auxotonisch) einher. In der Extensionsphase der Bauchmuskelübungen arbeitet die Muskulatur dynamisch-negativ und somit exzentrisch, wenn man das Augenmerk auf die Muskellänge richtet.
Für die MVC-Tests spielen statische Bedingungen die entscheidende Rolle. Die Muskellänge bleibt dabei annähernd unverändert (isometrisch). MVC-Tests statisch durchzuführen ist sinnvoll, da bei dieser Arbeitweise höhere Kraftwerte als bei konzentrischer Arbeitsweise erreicht werden können. (vgl. GROSSER et al. 1998, 48 f.; WEINECK 1994, 244 f.; ZATSIORSKY 2000, 101)

2.3.4 Die Bedeutung der Koordination für die Kraftentwicklung

Da es sich bei den zu analysierenden Fit-Karten-Übungen um dynamische Ausführungen handelt, ist auch der Aspekt der Koordination für die Kraftentfaltung zu erörtern.

Zum einen ist die aktive Masse des Muskels für sein Kraftpotential verantwortlich, aber zum anderen hängt es von der Synchronisation durch die entsprechenden Motoneurone und der Erregung der Muskelfasern ab, wie viel Prozent des Kraftpotentials genutzt werden können. Erst dadurch, dass die Hemmimpulse (z. B. ausgelöst durch den Golgi-Sehnen-Apparat) niedrig gehalten werden, wird eine hohe Impulsfrequenz und demzufolge eine hohe Kraftentwicklung ermöglicht. Die Verbesserung der intramuskulären Koordination, somit „[…] die synchrone Aktivierung mehrerer motorischer Einheiten […]“ (EHLENZ et al. 1998, 29) von 90 bis annährend 100% und eine bessere intermuskuläre Koordinationsfähigkeit führen trotzt gleich bleibender kontraktiler Masse zu einer Leistungssteigerung (vgl. EHLENZ et al. 1998, 28 ff.). Dennoch ist bei Anfängern ein isoliertes, intramuskulärkoordinatives Training nicht zu empfehlen, da es zur starken Belastung für den passiven Bewegungsapparat auf Grund noch nicht ausreichend ausgebildeter schützender Muskulatur führt (vgl. EHLENZ et al. 1998, 34). Für den Untrainierten ist zunächst eine Zunahme der Muskelmasse durch ein allgemeines fitness- / gesundheitsorientiertes Krafttraining (vgl. 2.4.3.2) zu erzielen.

Da EHLENZ et al. von einer direkten Abhängigkeit zwischen Bewegungsausmaß und in Serie geschalteter Sarkomerzahl ausgehen, wird ersichtlich, dass eine dynamische Arbeitsweise, so wie sie für diese Untersuchung gewählt wurde, erst die Leistungsfähigkeit der Muskulatur ermöglicht (vgl. EHLENZ et al. 1998, 35).

2.3.5 Begriffssystematik der Kraftfähigkeiten (Erscheinungsformen von Kraft)

Die vier Erscheinungsformen von Kraft, die nicht alle gleichberechtigt nebeneinander stehen (vgl. SCHMIDTBLEICHER 1987, 356), sind in folgender Tabelle dargestellt.

Basisfähigkeit	**Maximalkraft**		
Subkategorien	**Schnellkraft** (statisch, konzentrisch)	**Reaktivkraft** (exzentrisch-konzentrisch)	**Kraftausdauer** (statisch, dynamisch)
Komponenten	Maximalkraft Explosivkraft Startkraft muskuläre Leistungsfähigkeit	Maximalkraft Explosivkraft Startkraft reaktive Spannungsfähigkeit	Maximalkraft anaerob-alaktazider/ anaerob-laktazider/ aerob-glykolytischer Stoffwechsel

Tab. 2.2: Hierarchische Gliederung der Kraft in ihre Kraftarten und ihre Komponenten (GROSSER et al. 2001, 41)

Im Folgenden werden die einzelnen Erscheinungsformen kurz erläutert, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht und bestehende Diskurse (Reaktivkraft als Schnellkraftkomponente vs. eigene Erscheinungsform) nicht weiter vertieft werden können, da dies den Umfang der Arbeit sprengen würde.

2.3.5.1 Maximalkraft (MK)

Maximalkraft kann als Grundfähigkeit verstanden werden, weil sie sowohl für die Kraftausdauer als auch für die konzentrisch-exzentrische Reaktivkraft und die konzentrische Schnellkraft von Bedeutung ist (vgl. ROTH / WILLIMCZIK 1999, 248).
GROSSER et al. (2001, 42) definieren sie als die „[…] höchstmögliche Kraft, die willkürlich gegen einen unüberwindlichen Widerstand erzeugt werden kann“.
MK kann sowohl in isometrischer als auch in dynamisch-konzentrischer und dynamisch-exzentrischer Form auftreten. Bei dynamisch-konzentrischen Kontraktionen sind die zu erreichenden MK-Werte infolge

der Energie, die zur Beschleunigung des Körpers notwendig ist, geringfügig niedriger als bei der isometrischen Ausführung. Eine strikte Trennung von isometrischer und konzentrischer MK ist dennoch nicht sinnvoll, da eine konzentrische Kontraktion in der Regel einen isometrischen Anteil aufweist (vgl. SCHMIDTBLEICHER et al. 1999, 684).
Die MK stellt den willkürlich zu aktivierenden Anteil der Absolutkraft dar (vgl. EHLENZ et al. 1998, 67). Absolutkraft, definiert als höchstmögliches Kraftpotential, resultiert aus der Zusammensetzung von maximaler, willkürlich zu entwickelnder Kraft (MK) und einer Kraftreserve, die man jedoch nicht erfassen kann, da sie autonom geschützt ist. Sie ist als exzentrische Maximalkraft messbar. Beim MK-Training gilt es, das Kraftdefizit zwischen exzentrischer und statischer Maximalkraft zu minimieren (vgl. GROSSER et al. 1998, 42; LETZELTER 1986, 66 ff.).
Als primär die MK beeinflussende Faktoren können Muskelquerschnitt mit -faseranzahl und -fasertyp, Muskelstruktur, Muskelfaserlänge, intra- und intermuskuläre Koordination, Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur, Zugwinkel, Energiebereitstellung, anthropometrische Merkmale, Muskelvordehnung sowie Motivation angegeben werden. Die aufgezählten Faktoren sind ihrerseits wiederum von Alter, Geschlecht und Trainingszustand abhängig (vgl. EHLENZ et al. 1998, 68; LETZELTER 1986, 68ff.).

2.3.5.2 Schnellkraft (SK) und Reaktivkraft (RK)

Da SK und RK für diese Arbeit weitest gehend irrelevant sind, werden sie nur der Vollständigkeit halber kurz abgehandelt.
SK stellt eine Subkategorie der Maximalkraft dar. Sie kann primär als die Fähigkeit des neuromuskulären Systems definiert werden, in der zur Verfügung stehenden Zeit einen möglichst großen Impuls (Kraftstoß) zu erzeugen (vgl. SCHMIDTBLEICHER et al. 1999, 685), das heißt, optimal schnell Kraft zu bilden (MARTIN et al. 1993, 106). Unabhängig von der Zeitkomponente beinhaltet sie das Erreichen einer möglichst hohen Endgeschwindigkeit (vgl. EHLENZ et al. 1998, 70).

Die SK ist primär von der Kontraktionsgeschwindigkeit der FT- und ST-Fasern, ihrer neuronalen Aktivierung in Form von Rekrutierung und Frequenzierung sowie vom Muskelquerschnitt, der Anzahl der FT-Fasern und den anthropometrischen Merkmalen abhängig. Darüber hinaus gelten die gleichen Einflussgrößen wie für die MK.
Startkraft (zu Beginn der Kraftbewegung einen möglichst hohen Kraftwert erzielen) und Explosivkraft (begonnenen Kraftanstieg möglichst maximal fortsetzen) sind Schnellkraftparameter (vgl. EHLENZ et al. 1998, 70).
GROSSER et al. und EHLENZ et al. verstehen RK als kürzest mögliche Kopplung (<200ms) von exzentrischer und konzentrischer Arbeitsphase und somit als einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Sie kann nach BÜHRLE als eigenständige Kraftfähigkeit (vgl. Tab. 2.2), aber auch, wie bei SCHMIDTBLEICHER, als Teilkomponente der SK betrachtet werden.
Neben Muskelfaserquerschnitt und -zusammensetzung sind vor allem Elastizitäts- und Innervationsverhalten von Muskeln, Sehnen und Bändern (reaktive Spannungsfähigkeit) leistungsbestimmende Faktoren (vgl. EHLENZ et al. 1998, 71; SCHMIDTBLEICHER 1999, 684).

2.3.5.3 Kraftausdauer (KA)

KA ist eine kombinierte Erscheinung, die sich aus den Komponenten Kraft und Ausdauer zusammensetzt. Bei der Kraftausdauer werden Maximalkraftausdauer, submaximale Kraftausdauer und Ausdauerkraft infolge ihres unterschiedlichen Belastungsumfangs und ihrer unterschiedlichen Belastungsintensität von einander unterschieden. Erstere ist anaerob alaktazid, die submaximale Kraftausdauer anaerob laktazid und die Kraftausdauer aerob glykolytisch (vgl. ROTH / WILLIMCZIK 1999, 249). Von Maximalkraftausdauer spricht man, wenn über 75% der MK bei statischer bzw. dynamischer Arbeitsweise eingebracht werden. Der Begriff submaximale Kraftausdauer wird bei 75-50% der MK bei dynamischer bzw. bis 30% bei statischer Arbeit verwendet. 50-30% der MK müssen bei der Ausdauerkraft (auch aerobe Kraftausdauer) bei

dynamischer Arbeitsweise erbracht werden. Belastungen unter 30% der MK fallen ganz in den Ausdauerbereich (vgl. EHLENZ et al. 1998, 72).
KA lässt sich nach MARTIN et al. als die Fähigkeit definieren, innerhalb eines bestimmten Zeitraums bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Kraftstößen, die Verringerung der Kraftstoßhöhen möglichst gering zu halten (vgl. MARTIN et al. 1993, 109). Darüber hinaus wird sie als „[…] die Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegen lang dauernde oder sich wiederholende Belastungen bei statischer oder dynamischer Muskelarbeitsweise“ (EHLENZ et al. 1998, 71) definiert. Im statischen Bereich gilt es, über eine definierte Anspannungszeit eine bestimmte Muskelspannung mit möglichst geringem Spannungsverlust aufrecht zu erhalten.
Für die KA sind MK, Energiebereitstellung sowie lokale und zentrale Ermüdung leistungsbestimmende Faktoren.

2.3.6 EMG und Kraft (vgl. 3.7.2)

Die Gesamtkraft des Muskels resultiert aus der Summe der aktiven und passiven Kraft. Die aktive Kraft wird durch die kontraktilen Elemente des Muskels und die passive Kraft durch parallel-elastische Anteile des Bindegewebes der Fasermembranen und Faszien bedingt.
Grundsätzlich kann der Organismus Muskelkraft über zwei Mechanismen regulieren: Sowohl über die Rekrutierung verschiedener MUs und als auch über die Feuerrate einzelner MUs (Frequenzierung). Bei niedrigem Kraftniveau wird die Kontraktionskraft des Muskels zunächst über die Erhöhung der Anzahl der MUs gesteuert. Bei Kraftniveaus über 50% der Maximalkraft wird eine erhöhte Kontraktionskraft durch Steigerung der Erregungsfrequenz einzelner MUs erreicht (vgl. DIEßTERHORST-KLUG 1997, 6).

2.4 Fitness- und gesundheitsorientiertes Krafttraining

An der Tatsache, dass die Muskelmasse einen Anteil von 40% des Gesamtkörpergewichts ausmacht, wird deutlich, wie bedeutend die

Muskulatur allein schon mengenmäßig für unseren Organismus ist. Da in unserem bewegungsarmen Alltag häufig nur unterschwellige Minimalanforderungen an die Muskulatur gestellt werden, ist infolge mangelnder Adaptationen zunehmend eine verminderte Belastbarkeit festzustellen, die sich dann auch in Form degenerativer Erkrankungen des Bewegungsapparates niederschlagen kann (Fehlhaltungen, Arthrosen, Osteoporosen, Bindegewebsschwäche). Vor diesem Hintergrund macht es Sinn, ein kontrolliertes Krafttraining zu absolvieren. Gerade mit zunehmendem Alter (30+) wird es immer wichtiger, gezielt der Muskelmasse- und Kraftabnahme entgegen zu wirken (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 36; GEIGER 1999, 52 f.)

Im Folgenden wird Training nach der Begriffsklärung von Gesundheit, Fitness und Kraft aus physiologischer Sicht definiert, seine Ziele, Wirkungen und Prinzipien erörtert. Außerdem werden Methoden des fitness- und gesundheitlichen Krafttrainings aufgezeigt.

2.4.1 Definitionen

Die Begriffe Gesundheit, Fitness sowie Training werden getrennt definiert. Da der Kraftbegriff schon unter 2.3.1 definiert wurde, ist er dort nachzulesen.

2.4.1.1 Gesundheit

Was unter dem Begriff Gesundheit zu verstehen ist, kann je nach Autor und Wissenschaftsdisziplin stark differieren. Daher ist im Folgenden der Gesundheitsbegriff unter Aspekten dargestellt, die für diese Arbeit relevant sind.

In der Medizin existiert ein enger Gesundheitsbegriff, der Gesundheit als Zustand auffasst. Gesundheit wird von der WHO wie folgt definiert: „Gesundheit ist ein Zustand vollkommenen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht allein das Fehlen von Krankheit und Gebrechen" (vgl. www.who.int/about/definition/en/).

Zur Zeit scheint die Definition von Gesundheit des Medizinsoziologen AARON ANTONOVSKY aktuell zu sein, die ein weites Verständnis von Gesundheit aufweist. Er versteht in seinem Salutogenese-Modell Gesundheit als Prozess. Gesundheit ist dabei von öko-bio-psycho und sozialen Faktoren abhängig. Der Mensch ist in diesem Prozess nie vollkommen gesund noch absolut dauerhaft krank. Es besteht ein Gesundheits-Krankheitskontinuum, in dem es aus gesundheitlicher Sicht darum geht, eine dynamische Balance zwischen Risikofaktoren / Stressoren und Widerstandsressourcen / Schutzfaktoren zu erreichen. Zu den Schutzfaktoren zählen neben sozialer Unterstützung vor allem körperliche Fitness und geistiges Wohlbefinden. Dieser Gesundheitsbegriff impliziert den Einfluss des eigenen Verhaltens und Handelns auf die Gesundheit und fordert daher zu einer aktiven, eigenverantwortlichen und gesundheitsorientierten Lebensweise, die körperliche Aktivität als wichtigen Baustein inkludiert, auf (vgl. BOECK-BEHRENS / BUSKIES 2000, 11; HOHMANN et al. 2002, 249 f.; PFISTER 1996, 49 f.). Die Benutzung der Fit-Karten kann diese gesundheitsorientierte Lebensweise unterstützen.

2.4.1.2 Fitness

Bei dem Begriff Fitness handelt es sich um ein Konstrukt, das aus dem Amerikanischen übersetzt mit ‚Angepasst-Sein an die Lebensanforderungen' gleichgesetzt werden kann. Diese Lebenstauglichkeit wird als etwas angesehen, dass durch eigenes Handeln hergestellt werden kann und weniger dispositionell bedingt ist. Dies impliziert, dass der Mensch für seine eigene Fitness, sei es im intellektuellen, emotionalen, sozialen als auch natürlich im physischen Bereich, verantwortlich ist. Der komplexe Fitnessbegriff (total fitness) begreift Sport ganzheitlich, so dass Fitnesssport nicht per Definition von Gesundheitssport zu trennen ist. Fitnesssport umfasst den primärpräventiven Gesundheitssport, nicht aber die umfassende Gesundheitsförderung. Er kann aus gesundheitlichen Motiven wie z .B. Gewichtsreduktion; Ausgleich neuromuskulärer Dysbalancen bzw. körperbildenden wie z. B. Wasch-

brettbauch als auch aus funktionalen Motiven (z. B. ‚fit für den Beruf bleiben' / soziale Kontakte) betrieben werden.
Zu den sechs Elementen der gesundheitsorientierten Fitness nach BOEKCH-BEHRENS / BUSKIES zählen aerobe Ausdauer, Kraftausdauer, optimale Beweglichkeit, psychische Entspanntheit, gesunde Ernährung und allgemeine Konditionsfähigkeit. Der Bereich Kraftausdauer kann mit Hilfe der Bauchmuskel-Fit-Karten trainiert werden (vgl. BOEKCH-BEHRENS / BUSKIES 2000, 115f.; HOHMANN et al. 2002, 234f.).

2.4.1.3 Training

An dieser Stelle kann nicht der bestehende Diskurs zum Trainingsbegriff aufgezeigt werden, sondern es werden zwei für diese Arbeit meiner Meinung nach relevante Definitionen von Training gewählt.
Training aus physiologischer Sicht ist nach TIDOW ein serieller Beanspruchungsprozess, der das Ziel hat, Adaptationen hervorzurufen und zu erhalten. Ein sinnvolles Training ist erst dann möglich, wenn bekannt ist (mit EMG ermittelt), wie der Körper auf eine definierte Belastung (z. B. durch eine Bauchmuskelübung) reagiert (vgl. TIDOW 1999, 688).
Ergänzend möchte ich noch eine trainingswissenschaftliche Definition aufführen: Training wird als das planmäßige und systematische Realisieren von Maßnahmen (Trainingsinhalte, Trainingsmethoden) verstanden, um Trainingsziele im und durch Sport nachhaltig zu erreichen (vgl. HOHMANN et al. 2002, 15). Der Begriff systematisch impliziert ein Trainingsvorgehen mit progressiver Belastungssteigerung, wie es mit Hilfe der EMG- analysierten Übungsranglisten der Bauchmuskelübungen angestrebt werden kann. Die Bauchmuskelübungen stellen dabei die Trainingsinhalte dar, da sie zur planmäßigen und systematischen Realisierung eines angestrebten Trainingsziels (vgl. 2.4.2) dienen. Im Gesundheitssport dominieren die sportexternen Ziele, wobei der Sport zum Medium wird, um z. B. gesundheitsfördernde Ressourcen zu stärken (vgl. HOHMANN et al. 2002, 16).

2.4.2 Trainingswirkungen und -ziele des fitness- und gesundheitsorientierten Krafttrainings

Trainingswirkungen und -ziele sind sehr komplex und erstrecken sich auf die unterschiedlichsten Bereiche. Exemplarisch seien die folgenden Aspekte genannt:

- aktiver und passiver Bewegungsapparat
    - Erhalt bzw. Verbesserung der Kraftfähigkeiten des Stütz- und Bewegungsapparates (u. a. Kompensation der Kraftabnahme im Altersgang)
    - Erhalt der gelenkstabilisierenden Funktion der Muskulatur
    - Prävention neuromuskulärer Dysbalancen (Rückenbeschwerden) und / oder Osteoporose
- Nervensystem
    - Erhöhung der muskulären Aktivierbarkeit und des neuromuskulären Zusammenspiels
    - Unfallprophylaxe
- Psyche
    - Steigerung des Selbstbewusstseins und der Selbstzufriedenheit infolge verbesserter Kraftleistung und verbesserten subjektiven Aussehens
    - gesteigerte Körperwahrnehmung und verbessertes Körperbewusstsein
    - Verbesserung der Stimmung und des Wohlbefindens
- Ästhetik
    - Annäherung an die herrschenden Schönheitsideale (bei Männern insbesondere muskulöser, athletischer Körper (Waschbrettbauch); bei Frauen insbesondere Körpergewichts- und Fettreduktion)
- Leistungsfähigkeit
    - meist infolge verbesserter Koordination recht schnelle Zunahme der Leistungsfähigkeit (später auch durch Muskelhypertrophie) und erhöhte Belastungstoleranz

(vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 1999, 9 ff.; BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2000, 36 ff., GEIGER 1999, 55; HOHMANN et al. 2002, 239)
Eine durch Training bedingte Adaptation kann aber immer nur dann stattfinden, wenn der Übungsreiz überschwellig war (vgl. ZATSIORSKY 2000, 32).

2.4.3 Steuerungselemente des Krafttrainings

Zu den Steuerungselementen des Krafttrainings zählen Trainingsinhalte (Fit-Karten: Bauchmuskelübungen), Trainingsprinzipien (vgl. 2.4.3.1) und Trainingsmethoden (vgl. 2.4.3.2). Sie sind je nach Trainingsziel austauschbar, haben aber auch einen leistungslimitierenden Charakter (vgl. EHLENZ et al. 1998, 125).

2.4.3.1 Trainingsprinzipien

Trainingsprinzipien haben sich als hoch verallgemeinerte Planungs- und Handlungsgrundsätze herausgebildet, die normativen Charakter haben. Wenn es um die ‚korrekte' Trainingsplanung und -durchführung geht, sind sie richtungsgebend (vgl. HOHMANN et al. 2002, 23).
Da der Mensch ein sich „selbstregulierendes System" (GEIGER 1999, 15) ist, sind Muskulatur und zentrales Nervensystem in der Lage, auf überschwellige Trainingsreize so zu reagieren, dass sie sich bei erneuter Reizung auf einem höheren Leistungsniveau befinden. Dies wird auch als biologische Adaptation bezeichnet. Im Sinne der biologischen Adaptation werden Auslösungs-, Sicherungs- und Steuerungsprozesse der Anpassung unterschieden. Diesen drei Kategorien lassen sich unterschiedliche Trainingsprinzipien zuordnen. Pro Kategorie spielen spezifische biologische Einflussfaktoren eine Rolle.
Die folgenden drei Prinzipien sind zu beachten, um Adaptationen auslösen zu können:

Prinzip des wirksamen Trainingsreizes

Um eine Adaptation auslösen zu können, muss ein Reiz stark überschwellig sein (Reizstufenregel), weil er dadurch physiologische und anatomische Veränderungen bewirken kann.

Prinzip der progressiven Belastungssteigerung

Bei über einen längeren Zeitraum gleich bleibenden Trainingsbelastungen hat sich der Organismus so an den Reiz adaptiert, dass der Reiz nicht mehr überschwellig ist. Um wieder einen wirksamen Trainingsreiz zu erzielen, ist die Belastung progressiv zu steigern. Dies wird durch die Erhöhung der Trainingshäufigkeit, des Trainingsumfangs, der Reizintensität und durch Verkürzung der Pausen erreicht. So kann z. B. durch die Wahl einer Fit-Karten-Übung mit größerer prozentualer MVC Belastung ein neuer überschwelliger Reiz ausgelöst werden. Neben der Intensitätssteigerung sind dabei gleichzeitig höhere koordinative Ansprüche an den Trainierenden gestellt.

Bei hochtrainierten Personen kann sogar eine sprunghafte Belastungssteigerung nötig sein, da sich sonst keine Adaptationen mehr einstellen. Dies erklärt sich auch aus dem parabolischen Kurvenverlauf des Adaptationsprozesses.

Prinzip der Variation der Trainingsbelastung

Auch im Hinblick auf die Variation der Trainingsbelastung ist es sinnvoll, einen Fit-Karten-Übungspool zu Bauchmuskelübungen bereitzustellen, da bei Ausübung von immer der selben Übung der Sympatikus in seinem ergotropen (leistungssteigernden) Effekt abnimmt. Dies ist damit zu begründen, dass er ebenfalls der Reizstufenregel unterliegt. Durch Wechsel der Übung kann die Belastungsmonotonie durchbrochen und es können wieder infolge überschwelliger Reize Homöostasestörungen induziert werden. Dieses Trainingsprinzip bezieht sich nicht nur auf die Übungsform, sondern betrifft sämtliche Belastungskomponenten (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 28 ff ; EHLENZ et al. 1998, 125 ff.)

Die nächsten drei Prinzipien betreffen die Adaptationssicherung:

Prinzip der optimalen Gestaltung von Belastung und Erholung

Da der Organismus auf Belastung mit Ermüdung reagiert und in dieser Phase dann nicht mehr so leistungsfähig ist, sind Erholungsphasen unabdingbar. Dabei ist das Phänomen der Superkompensation zu beachten. Es besagt, dass nach einer überschwelligen Belastung der Organismus zwar zunächst einen Leistungsabfall verzeichnet, dann aber nach einer Wiederherstellungsphase über sein Ausgangsniveau hinaus seine Energiespeicher (Kreatinphosphat, Glykogen) auffüllt. Da diese Überkompensationsphase nur kurzzeitig anhält, gilt es, den nächsten Trainingsreiz ins Superkompensationsmaximum zu setzen, um das erhöhte Leistungsausgangsniveau zu nutzen und erneut eine biologische Adaptation auszulösen.

Prinzip der Wiederholung und Kontinuität

Ohne mehrfache regelmäßige Belastungswiederholung ist der Organismus nicht in der Lage, dauerhaft zu adaptieren. Wenn die Reize ausbleiben, erfolgen Deadaptationen, d.h.,. die zuvor durch Training erzielten strukturellen und morphologischen Umstellungen bilden sich zurück.

Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung

Da Adaptationen phasenartig (Steigerungs-, Stabilisierungs-, Reduktionsphasen) verlaufen, muss auch das Training periodisiert und zyklisiert werden. Es müssen Phasen der aufbauenden, stabilisierenden und reduzierten Belastung vorhanden sein, da nur so Belastungsüberforderungen vermieden und Leistungsspitzen ermöglicht werden können (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 25 ff.; EHLENZ et al. 1998, 129 ff.; ZATSIORSKY 2000, 25 ff.).

Um die Anpassung spezifisch steuern zu können, gelten die Trainingsprinzipien Individualität und Altersgemäßheit, zunehmende Spezialisierung und regulierende Wechselwirkung einzelner Trainings-elemente (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 30; EHLENZ et al. 1998, 142 ff.).

2.4.3.2 Fitness- / Gesundheitsmethode

Die Gesundheits- und Fitnessmethode gehören zum Basistraining der komplexen Kraftentwicklung. Trainingsziele sind unter anderem der Ausgleich neuromuskulärer Dysbalancen, Hypertrophie, Kapillarisierung sowie die Verbesserung des aerob-anaeroben Stoffwechsels in Form lokaler Muskelausdauer und von Fettabbau. Es gilt, zunächst eine breite, komplexe Kraftbasis zu schaffen. Dabei sollten sowohl MK, SK als auch KA angesprochen und die Funktionstüchtigkeit des Stütz- und Bindegewebes verbessert werden. Das Training ist neben der Komplexität umfassend als auch ausgeglichen zu gestalten. Das heißt, dass alle großen Muskelgruppen des Körpers (Bauchbereich, als eine Muskelgruppe in dieser Arbeit dargestellt) und sowohl Agonisten als auch Antagonisten angesprochen werden sollen. Des Weiteren ist auf progressive Belastungssteigerung durch Übungswahl und Wiederholungszahl zu achten.

Nach EHLENZ et al. und GROSSER et al. gilt die Methode geringer Krafteinsätze mit mittleren bis hohen Wiederholungszahlen für ein gesundheits- und fitnessorientiertes Krafttraining als die Methode der Wahl. Dabei werden die Übungen konzentrisch, zügig und mit einer mittleren Intensität (Last beträgt 45-65% der MK) ausgeführt. Als Belastungsdauer wird 50% des Wiederholungsmaximums angeführt, welches etwa einer Wiederholungszahl von 8-15 entspricht. Um eine vollständige Wiederholung zu ermöglichen, sind die Pausen mit 1-3 Minuten angesetzt. Der Belastungsumfang ist hoch. Es werden 6-8 Sätze zu je drei bis vier Übungen durchgeführt. Bei zwei Trainingseinheiten pro Woche (später vier pro Woche) kann mit dieser Methode etwa sechs bis neun Monate effizient trainiert werden (vgl. EHLENZ et al. 1998, 108 ff.; GROSSER et al. 2001, 62 ff.).

Problematisch ist die Erfassung der MK bei Ungeübten, da sie noch nicht an Krafttraining gewöhnt sind. Durch koordinative Probleme kann es bei der MK-Erfassung zu unreliablen Ergebnissen kommen. Der Aspekt der Motivation verzerrt ebenfalls die Messgenauigkeit. Darüber hinaus ist die Intensitätssteuerung über die Angabe maximal möglicher Wiederholungszahlen bei submaximalen Lasten ebenfalls umstritten und widerspricht dem Prinzip der Individualisierung. Es bestehen nämlich große Unterschiede zwischen den Geschlechtern und auch zwischen unterschiedlichen Übungen. Außerdem existieren unterschiedliche Werteangaben verschiedener Autoren. Des Weiteren ist mit zunehmender Wiederholung eine Intensitätszunahme zu verzeichnen, da dann die gleiche Gewichtsbelastung (durch MK-Test ermittelt) von einem vorermüdeten Muskel bewältigt werden muss.

Um die beschriebenen Probleme zu umgehen, wird von BOECKH-BEHRENS / BUSKIES eine Intensitätssteuerung beim Fitnesskrafttraining durch das subjektive Belastungsbefinden propagiert (vgl. HOHMANN et al. 2002, 240 f.; BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 66 ff.). Gerade im Fall dieser Arbeit bietet sich diese Belastungssteuerung an, da nicht apparativ gearbeitet wird. Des Weiteren können so eventuelle Verletzungsrisiken durch Maximalbelastung bei Untrainierten so wie die oben erläuterten Probleme einer MK-Bestimmung von vornherein ausgeschaltet werden. Auf den neu erstellten Fit-Karten werden neben klassischen Wiederholungsangaben daher subjektive Belastungsvorgaben zu finden sein.

Je nach Zielsetzung kann eine eher kraftausdauerorientierte bzw. muskelaufbauorientierte Methode beim sanften Krafttraining gewählt werden. Sanftes Krafttraining ist ein Training, bei dem der einzelne Satz nicht bis zur Erschöpfung, somit nicht bis zur maximal möglichen Wiederholungszahl durchgeführt wird.

Um die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei großer Kraftkomponente zu erhöhen, wird die Methode mittlerer Krafteinsätze mit hohen Wiederholungszahlen gewählt. Es wird mit einer Intensität von 65-30% des Kraftmaximums in einem langsamen bis zügigen Tempo gearbeitet. Pro Übung werden 15-20 und mehr Wiederholungen durchgeführt, bis das subjektive Belastungsempfinden mittel bis schwer erreicht ist. Je nach Leistungsniveau werden bei Anfängern 1-3, bei Fortgeschrittenen 3-5

Serien ausgeführt. Die Pausenlänge ist ebenfalls leistungsniveau-abhängig und unter Berücksichtigung des subjektiven Empfindens zwischen 1-3 Minuten zu gestalten. Es ist auf eine technisch korrekte, ruhige Bewegungsausführung mit regelmäßiger Atmung zu achten. Neben einer KA-Verbesserung wird Fett abgebaut, der Körper geformt sowie geringfügig Muskelmasse aufgebaut und die MK verbessert. Das Training sollte mindestens einmal, bei Fortgeschrittenen 2-4 Mal pro Woche erfolgen.

Um eine Hypertrophie und eine MK-Verbesserung zu erzielen, ist unter dem Aspekt des fitness- und gesundheitsorientierten Krafttrainings nach BOECKH-BEHRENS / BUSKIES die Methode wiederholter sub-maximaler Krafteinsätze bis zur Ermüdung bzw. Erschöpfung zu wählen. Es wird in einem Bereich von 85-65% des Kraftmaximums in einem kontinuierlich langsam bis zügig gewählten Tempo gearbeitet. Je nach Leistungsniveau sind Serien (Anfänger 2-3; Fortgeschrittene 3-6) mit circa 6-15 Wiederholungen zu absolvieren. Das subjektive Belastungsempfinden soll dabei im Bereich mittel bis schwer liegen. Die Pausenlänge beträgt je nach subjektivem Empfinden und Leistungsniveau 1-5 Minuten. Für die Übungsausführung und die Trainingshäufigkeit gelten dieselben Bedingungen wie für die KA-orientierte Variante. Neben Hypertrophie und MK-Verbesserung findet Fettabbau statt, wird der Körper geformt und die KA verbessert sich (BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 43 ff.).

Generell ist zu der häufig engen Normierung der Belastungsnormativa zu bemerken, dass sie eine Orientierungsgröße darstellen und nicht sklavisch eingehalten werden müssen, da der erforderliche Reizinput sowohl inter- als auch intraindividuell variieren kann (je nach Tagesform, je nach Übung). Wichtig ist nur, dass überschwellige und damit Adaptation auslösende Reize erreicht werden (vgl. HOHMANN et al. 2002, 80).

Durch sanftes Krafttraining kann auch eine ausreichende Kraftentwicklung erzielt werden (Verbesserung der MK und KA), ohne an die muskuläre Ausbelastung zu kommen. Der Vorteil besteht gerade bei Untrainierten darin, dass die Belastungen für den aktiven und pas-

siven Bewegungsapparat, die kardiovaskuläre Beanspruchung (niedrigere Laktatwerte) sowie die Gefahr der Pressatmung gering gehalten werden (BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 48 ff.).
GEIGER (1999, 62 f.) empfiehlt dem Trainingsanfänger zunächst ein vierwöchiges Gewöhnungstraining mit einer Intensität unter 30% der MK, welches einem Belastungsempfinden von etwa leicht bis mittel gleich kommt. Dies deckt sich auch mit der Feststellung, dass bei Untrainierten schon ein Krafttraining mit geringen Belastungen (etwa 25% der MK) ausreicht, um Adaptationen zu erzielen BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 25).
Die folgende Pyramide gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Methoden im fitnessorientieren Kafttraining:

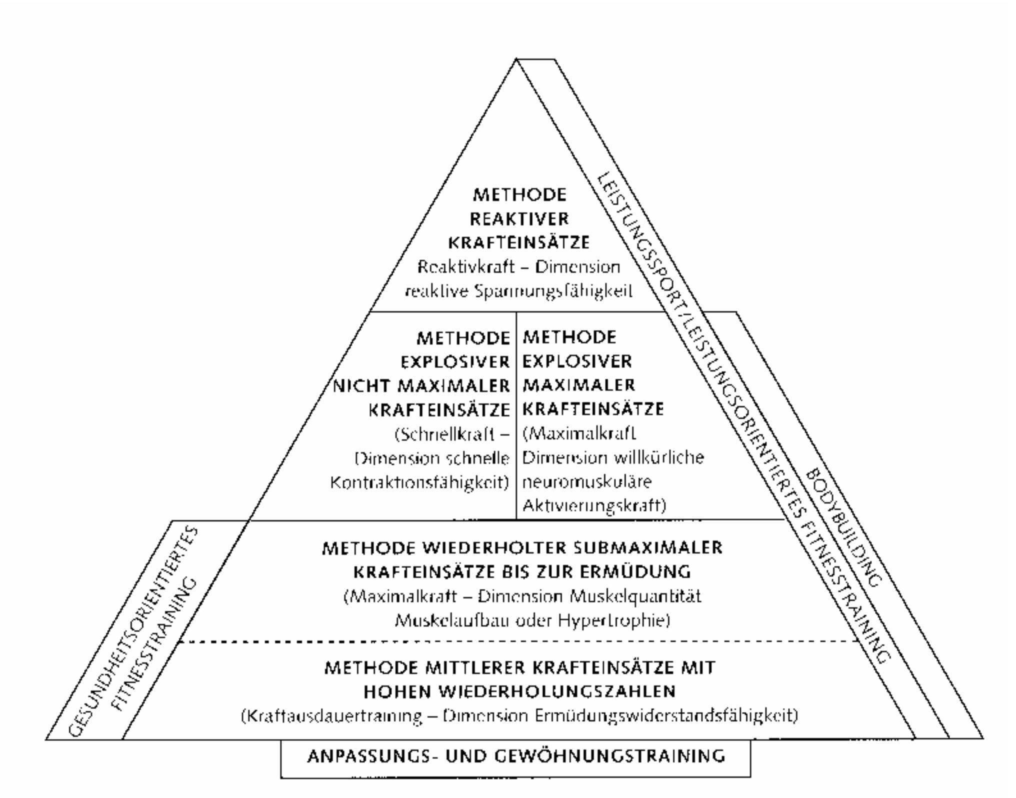


Abb. 2.16: Überblick über die Methoden im Krafttraining (BOECKH / BEHRENS / BUSKIES 2001, 43)

2.5 Psyche und Kraft

Motivation ist ein Faktor, der bei der Kraftentfaltung eine bedeutende Rolle spielt. Durch willentliches Mobilisieren von Kraftreserven kann die Leistung stark gesteigert werden, da Hemmmechanismen ihrerseits gehemmt werden und so auf die Leistungsreserve zurückgegriffen werden kann.

Kraftleistungen mit geringer bis mittlerer Willensanstrengung liegen nur in Bereichen von 15-35% der absoluten Leistungsfähigkeit. Durch ausgeprägten Willenseinsatz (Motivation) können die normalen Einsatzreserven mobilisiert werden. Die Mobilisationsschwelle kann so nach oben verschoben werden (bei Untrainierten bis 70% absoluter Leistungsfähigkeit).

Durch langjähriges Training ist es möglich, die Mobilisationsschwelle von 70% der MK bei Untrainierten auf bis zu 90-95% der MK zu erhöhen. Dies liegt schon im Bereich der autonom geschützten Reserve (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 35 f.; GROSSER et al. 2001, 61; HOLLMANN / HETTINGER 2000, 166 f.; WEINECK 1994, 260).

Der Einfluss der Motivation muss daher bei Kraftleistungen immer berücksichtigt werden.

2.5.1 Borg-Skala

Wie Belastungen subjektiv empfunden und eingeschätzt werden, ist mit Hilfe der Borg-Skala festzustellen.

Die Borg-Skala ist auf Grund ihrer einfachen Handhabung sehr beliebt und ihr Einsatz im Sport verbreitet (vgl. BORG 1998, 86). Mittels der Skala lassen sich nicht nur individuelle Unterschiede im Belastungsempfinden zwischen einzelnen Übungen feststellen, sondern sie ermöglicht es auch, Aussagen über die Höhe der wahrgenommenen Kraftanstrengung (Übungsintensität) zu machen.

Die Borg-Skala wurde in Relation zur Herzfrequenz konstruiert.

Eine Herzfrequenz von 170 wird als submaximal eingeschätzt. Der Wert durch 10 dividiert ergibt den Ratingwert 17, dem die Bezeichnung „very hard“ zugeordnet wird. Da die Ruheherzfrequenz sich bei Erwachsenen im Bereich von 60 Schlägen pro Minute bewegt, ist der Wert 6 (60 :10 = 6) als Startpunkt der Skala gewählt worden.

Wenn eine Tätigkeit gar keine Anstrengung hervorruft (No exertion at all), wird diese Ziffer gewählt. Die Ziffer 20 ‚Maximal exertion’ gilt als hypothetisches Konstrukt, da sie nur dann vergeben wird, wenn Personen eine so hohe Intensität erfahren, wie sie noch nie in ihrem Leben früher vorgekommen ist. Die Nummer 19 steht für Belastungen, die bei extrem starken Anstrengungen empfunden werden (vgl. BORG 1998, 29 ff.).

Die 15 skalige Borg RPE Skala (ratings of perceived exertion) in ihrer Fassung von 1998 sieht wie folgt aus:

6	No extension at all
7	Extremely light
8	
9	Very light
10	
11	Light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard (heavy)
16	
17	Very hard
18	
19	Extremely hard
20	Maximal exertion

Die Reliabilität dieser Skala kann, sofern sie für die wahrgenommene Anstrengung bei definierten Tätigkeiten eingesetzt wird (nicht diffusen Gefühlen), mit einem Reliabilitäskoeffizienten von .90 als sehr hoch

angesehen werden. Dies trifft ebenfalls auf die Validität zu. Wichtig ist eine gute Instruktion, bevor die Skala eingesetzt wird (vgl. BORG 1998, 31 ff.).
Anzumerken ist jedoch, dass bei einigen Personen anscheinend die Tendenz besteht, generell nur dann eine Anstrengung als solche wahrzunehmen, wenn sie extrem stark ist. In diesen Fällen ist der Umgang mit der Skala problematisch (vgl. BORG 1998, 38).

2.5.2 Modifizierte Borg-Skala

In der Untersuchung ist mit folgender modifizierter (ins Deutsche gesetzter) Skala gearbeitet worden:
Was für eine Anstrengung hast du bei der eben absolvierten Bauchmuskelübung wahrgenommen, wie stark hat sie dich beansprucht?

6	gar keine Anstrengung
7 8	sehr, sehr leicht
9	sehr leicht
10	
11	leicht
12	
13	etwas schwierig / anstrengend
14	
15	schwer / anstrengend
16	
17	sehr schwer / sehr anstrengend
18	
19	extrem schwer / extrem anstrengend
20	extremste, bisher noch nie erfahrene Anstrengung

(vgl. BORG 1998, 47).

Ergänzende Erklärungen sind angefügt:

13: Die Übung ist anstrengend. Sie könnte aber noch gut fortgesetzt werden.

17: Man muss sich selber dazu zwingen, die Übung weiter fortzusetzen, da die Anstrengung schon sehr groß ist.

19: Die bei der Übung erfahrene Anstrengung ist so stark, wie sie kaum jemals vorher irgendwann einmal erlebt wurde.

Darüber hinaus wird der Proband darauf hingewiesen, seine gefühlte Anstrengung möglichst ehrlich anzugeben, ohne sich darüber Gedanken zu machen, wie seine Meinungsäußerung vielleicht von anderen Personen eingeschätzt wird. Über- und Unterschätzen ist zu vermeiden (vgl. BORG 1998, 47).

Der eingesetzte Skalenbogen ist im Anhang zu finden.

Für die Auswertung empfiehlt es sich, intraindividuelle Vergleiche vorzunehmen, da so Antworttendenzen, die bei verschiedenen Personen unterschiedlich sein können, nicht ins Gewicht fallen (vgl. BORG 1998, 48). Dennoch sind nach BORG auch interindividuelle Vergleiche möglich, da durch die Bezeichnungen wie ‚leicht' und ‚schwer' eine relative Absolutheit gegeben ist (vgl. BORG 1982, 378).

3 Ausgewählte Aspekte der Elektromyographie

Dadurch, dass im Bereich der Elektromyographie vielfach Veröffentlichungen nicht in deutscher, sondern nur in englischer Sprache zu finden sind, ist bei zahlreichen Begriffen in dieser Arbeit ebenfalls der englische Terminus in Klammern angegeben, um eine leichtere Orientierung zu ermöglichen.

3.1 Definition

Der Begriff Elektromyographie (EMG) leitet sich vom Griechischen ‚myos' für Muskel und ‚graphie' für Aufzeichnung ab (vgl. ROTH / WILLIMCZIK 1999, 201). Es ist eine Untersuchungstechnik, „die sich mit der Entstehung, der Aufzeichnung und der Analyse von myoelektrischen Signalen befaßt [sic!]" (BASMAJIAN 1985, 65).
Nach CONRAD (1998, 3) wäre EMG besser als Elektromyoneurographie zu definieren, da die Elektroneurographie ebenfalls darunter fällt.

3.2 Kurze Geschichte der Elektromyographie

F. Redi dokumentierte als erster Wissenschaftler 1666, dass der Muskel elektrische Potentiale generiert. 1700 wurde dies ebenfalls von G. Duverney, 1750 von Jallabert und 1791 von L. Galvani beobachtet. 1820 baute Schweiger dann das erste praktische Galvanometer. 1849 leitete der Franzose Du Bios-Reymond zum ersten Mal elektrische Signale vom menschlichen Muskel ab, die durch willkürliche Kontraktion erzeugt wurden und erkannte den Einfluss des Hautwiderstands auf die Potentiale. Bis dahin war die Technik noch sehr kompliziert und daher nur einigen wenigen vorbehalten. Mit der Entdeckung der Metall-Oberflächen-Elektroden durch Piper (1907) und der Anwendung der Kathodenstrahlröhre durch Gasser und Erlanger (20er Jahre des letzten Jahrhunderts), wurden die Messungen erleichtert und präzisiert. Seit

1929 die Nadelelektroden von Adrian und Bronk eingeführt wurden, ist es möglich, die von einzelnen bzw. wenigen Muskelfasern erzeugten elektrischen Signale zu erfassen. Methodisch genauer erforschte Buchthal in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts diese Elektrodenart.

Relevanter für diese Arbeit ist jedoch die Entwicklung von stabilen Silber-Chlorid-Oberflächen-Elektroden um 1960, die für das kinesiologische EMG primär verwandt werden. 1962 erschien das erste diesbezügliche Lehrbuch, dass noch heute in überarbeiteter Fassung aktuell ist (vgl. CLARYS 1992, 379 ff.; BASMAJIAN 1985, 1 ff.; RUPRECHT 1971, 2 ; BOCHDANSKY 1994, 59.).

3.3 Kinesiologisches EMG und Oberflächenelektroden

Die Elektromyographie lässt sich in zwei Subkategorien aufteilen.

Während beim klinischen EMG hauptsächlich Nadel- und Drahtelektroden zum Einsatz kommen, mit denen die Potentiale einzelner motorischer Einheiten gemessen werden können, beschäftigt sich das kinesiologische EMG, dass bevorzugt mit Oberflächenelektroden agiert, primär mit der Funktion und Koordination von Muskeln in unterschiedlichen Bewegungsabläufen und Positionen. Das klinische EMG wird auch als elementares (da einzelne motorische Einheiten erfassend) und das kinesiologische EMG als summarisches EMG (da integrale Muskelaktivität erfassend) bezeichnet (vgl. WOLF 1990, 67).

Im Folgenden sind ausgewählte Einsatzgebiete des kinesiologischen EMG's aufgeführt:

- Studien zur normalen Muskelfunktion in ausgewählten Bewegungen und Handlungen
- Studien zur Muskelaktivität in komplexen sportlichen Handlungen
- Studien zu isometrischen Kontraktionen mit zunehmender Kraftentfaltung bis hin zur relativen Maximalkraft
- Koordinations- und Synchronisierungsstudien
- Biofeedback
- Studien zur Überprüfung der Effektivität von Trainingsübungen

(vgl. CLARYS 1992, 380; CRAM 1990, 8).
Nicht invasive Oberflächenelektroden werden nach LAURIG (1983, 74) als „in einen kreisrunden Isolierkörper eingebrachte metallische Leiterplättchen“ definiert. Der Vorteil dieser Elektrodenart besteht im Gegensatz zu Nadelelektroden darin, dass den Probanden eventuelle Schmerzen, Infektionen oder Materialbrüche erspart bleiben und dynamische Bewegungen ohne Verlust von Bewegungsfreiheit ausgeführt werden können. Ein Nachteil der Oberflächenelektroden ist, dass nur oberflächlich lokalisierte Muskeln abgeleitet werden können.
Die Selektivität der Ableitung ist darüber hinaus auch weit geringer als bei Nadelelektroden, da motorische Einheiten nicht gezielt ‚punktiert' werden können. Es treten Cross-talks durch benachbarte Muskeln auf, da von ihnen verursachte Potentialdifferenzen ebenfalls mit abgeleitet werden. Das zustandekommende Potential resultiert somit aus den Einzelpotentialen vieler motorischer Einheiten (vgl. CLARYS 1992, 382 f; ZWICK 1994, 25; TOSH 1990, 304).
Mit beiden Ableitungsmethoden lassen sich annähernd gleiche Messergebnisse erzielen. Den Versuchsbedingungen angepasst wird die Elektrodenart gewählt (vgl. ADLER 1972, 153).

3.4 Signalentstehung, -erfassung und -weiterleitung

Das EMG wird durch APs (vgl. 2.1.2.2), durch Muskelaktionspoteniale generiert (MUAP = motor unit action potential (CONRAD 1998, 16)). Es sind Willkürpotentiale, die bei Muskelkontraktionen erzeugt werden. Jede Änderung des Membranpotentials wird durch das EMG-Signal elektromyographisch registriert und aufgezeichnet (vgl. LAURIG 1983, 68).
Durch die zentralnervöse Aktivierung (bei Willkürkontraktion nicht reflektorisch) eines alpha-Motoneurons findet im innervierten Muskel durch Ionenverschiebungen eine Depolarisation an der Membran statt. Eine Zone an der Muskelfasermembran, die zuvor im Ruhezustand eine Potentialdifferenz aufwies, wird somit depolarisiert. Diese Zone wird vom Ort der Synapse, zwischen Nervenfaser und Muskelfaser (motor-

ische Endplatte), beidseitig zu den Faserenden hin fortgeleitet, „wodurch sich im extrazellulären Gewebe ein zeitlich verändertes elektrisches Strömungsfeld ausbildet“ (SCHNEIDER 1991, 107), das als EMG abgeleitet werden kann.

Das durch diese Potentialdifferenz entstandene Aktionspotential wird nach dem Alles-Oder-Nichts-Prinzip für alle motorischen Einheiten, die in der versorgten Muskelfaser lokalisiert sind, ausgelöst und kann mittels Elektroden abgeleitet werden.

> „Es führt über die elektromechanische Koppelung zum eigentlichen physikalischen Kontraktionsprozess und bildet den Ursprung des bioelektrischen EMG-Signales.“ (KONRAD 1997, 3).

Dabei handelt es sich um extrem schwache elektrische Ströme, die im Mikrovoltbereich liegen.

Das Signal wird in dieser Arbeit wie allgemein üblich bipolar erfasst, wodurch eine Störunterdrückung ermöglicht wird (vgl. DIßELHORST-KLUG 1996, 10). Von bipolarer Aufzeichnung spricht man dann, wenn pro zu beobachtendem Muskel zwei Elektroden appliziert werden und „die Differenz ihrer Potentialschwankungen relativ zu einer Referenzelektrode“ (ZWICK 1994, 12) dargestellt wird. Die Referenzelektrode wird an einem Körperteil angebracht, das bei der zu untersuchenden Bewegung nicht beteiligt ist und unter dessen Hautschicht sich kein muskuläres Gewebe (z. B. Knochen) befindet. Diese Elektrode dient dazu, das myoelektrische Signal auf ein Nullpotential zu normieren.

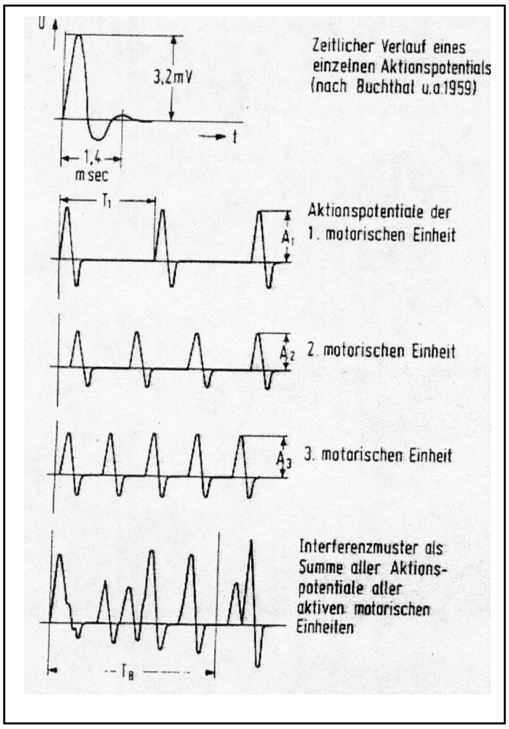
Durch einen Differenzialverstärker wird die Differenz der zwischen den beiden registrierenden Elektroden liegenden Spannungsschwankungen berechnet. Die erhaltenen analogen Werte werden durch einen Analog-Digitalwandler in digitale Werte konvertiert, so dass sie für die weitere Bearbeitung am Computer zur Verfügung stehen. Die Frequenz mit der das A/D-Board die eingehenden Signale digitalisiert und weiterleitet, auch Abtastfrequenz genannt, muss gemäß des Abtastheorems von Nyquist mindestens den doppelten Wert der maximal zu erwartenden Signalfrequenz erreichen. Sie liegt heute in der Regel bei 1000 Hz und höher. Ist die Abtastfrequenz zu gering, weist das entstehende digitale

Signal auch eine deutlich zu geringe Frequenz auf (vgl. ZWICK 1994, 21 ff. ; KONRAD 1997, 5).

Bei den in dieser Arbeit verwendeten Oberflächen- bzw. surface-EMG-Elektroden ist das bioelektrische EMG-Signal die Summe aller darunter erfassbaren MUAPs der aktiven motorischen Einheiten (vgl. Abb. 3.1; 3.2).

Dadurch, dass mit den Oberflächenelektroden viele motorische Einheiten erfasst werden, spricht man auch von einem ‚großen Einzugsgebiet' (vgl. REUCHER 1988, 23). Die MUAPs sind abhängig von der Größe, Position und Physiologie (Fasertyp) der beanspruchten motorischen Einheiten (vgl. BLOK 2000, 318). In die Signalinformation gehen Frequentierung (Erhöhung der Feuerungsfrequenz) und Rekrutierung (Zuschaltung neuer motorischer Einheiten) der Muskulatur ein, so dass Rückschlüsse auf die neuromuskulären Vorgänge auf Grund der gemessenen Potentiale in der untersuchten Muskulatur zulässig sind.

Durch Aufsummierung aktiver motorischer Einheiten entsteht das von außen messbare Interferenzmuster (Summationsmuster) des sEMG (vgl. 3.1; 3.2). Dadurch, dass die Feuerungsstruktur in verschiedenen motorischen Einheiten stark variieren kann, ergeben sich keine gleichen Interferenzmuster, so dass das gemessene EMG-Rohsignal grundsätzlich stochastischer Entstehungsnatur ist und der Bearbeitung bedarf.



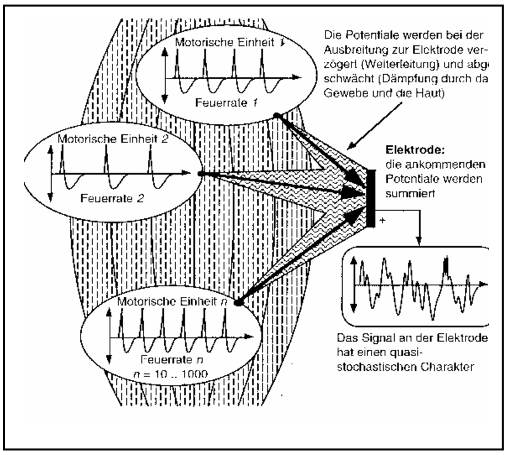


Abb. 3.1: (links) Interferenzmusterentstehung durch Überlagerung: einzelner MUAP gleichzeitig erregter motorischer Einheiten (Aufsummierung schematisch dargestellt) (LAURIG 1993, 70)

Abb. 3.2: (rechts) Signalbildung bei der Ableitung mit Oberflächen-elektroden (GÖBEL 1996, 23)

Darüber hinaus variiert das biologische Signal auf seinem Weg vom Muskel bis zum Ableitungselektrodenpaar je nach Ableitungsbedingung. Diese sind an jeder Ableitstelle unterschiedlich, da sie von folgenden Einflussgrößen abhängig sind:

- geometrischer Weglänge des Signals
- Dicke des subkutanen Fettgewebes
- Hautwiderstand
- Hebelarm- und Muskellängenverhältnissen

Es gilt, dass das abgeleitete Signal um so geringer ist, je länger die Wegstrecke, je adipöser das Gewebe, je höher die Impedanz und je geringer der Hebelarm ist.

Die gemessene Amplitudenhöhe ist somit nicht nur vom Muskelerregungsniveau, sondern auch von den Ableitungsbedingungen und den unter 3.5 näher erläuterten Störgrößen abhängig (vgl. KONRAD 1997, 3 ff.; ZWICK 1994, 4 ff.; 42).
Beim Roh-EMG lassen sich nur quantitative Aussagen nach dem Prinzip geringerer bzw. höherer Aktivierung des abgeleiteten Muskels treffen. Das Roh-EMG eines eigentlich geringer innervierten Muskels kann dabei höher ausfallen als das eines höher beanspruchten Muskels, wenn dementsprechende Ableitungsbedingungen und Störgrößen vorliegen. Dies ist z. B. der Fall, wenn gerade die in der Nähe der geklebten Elektroden liegenden Muskelfasern aktiviert werden (vgl. LUHEDE 1987, 10). Daher ist eine Aussage über die tatsächliche neuromuskuläre Beanspruchung auf Grund der Spannungsamplitude des unbearbeiteten Roh-EMGs nicht möglich.
Darüber hinaus muss sich der Untersuchende darüber bewusst sein, dass nur bei gleichbleibender Applikation der Elektroden verschiedene Messungen miteinander vergleichbar sind, da schon eine gering abweichende Elektrodenposition zu anderen Messergebnissen führen kann, weil andere motorische Einheiten erfasst werden.

3.5 Störgrößen

Elektromyographische Befunde können zahlreichen möglichen Störgrößen unterliegen, die es weitgehend auszuschalten bzw. zu minimieren gilt. Die Befunde sind unter anderem abhängig von der Mitarbeit der Probanden, der Hautvorbereitung, der Elektrodenapplikation, der Artefakttestung, der weiteren Standardisierung (Bewegungsamplidude, -geschwindigkeit usw.) sowie von physikalischen und biologischen Artefakten (vgl. CONRAD 1987, 3).
Artefakte sind im EMG erfasste Signale, die nicht auf der elektrischen Aktivität der zu untersuchenden Muskulatur beruhen. Sie können durch in- und externe Ursachen bedingt sein.

3.5.1 Interne Störgrößen

Es gibt drei große Typen biologischer Störgrößen:

Herzaktionsströme

Werden Elektroden auf herznahe Muskeln appliziert, so können EKG-Anteile mit in das EMG einfließen. Insbesondere bei niedriger Muskelaktivität ist dies problematisch, da die EMG Signale fast ganz überlagert werden können. Es bestehen aber zur Zeit keine Möglichkeiten diese EKG-Anteile herauszufiltern, ohne auch gleichzeitig EMG-Informationen zu eliminieren.

Respirationsartefakt

Die Problematik ist ähnlich wie bei den EKG-Anteilen gelagert. Die betroffene Muskulatur befindet sich aber dorsal im thorakalen Bereich (T6 - T10).

Cross-talk-Artefakt

Dieses Artefakt kommt durch die Überlagerung der Potentiale eines Muskels mit den elektrischen Signalen seiner benachbarten Muskeln zustande. Diese Überlagerung wird als Cross-talk bezeichnet. Durch eine optimierte Messkonfiguration kann der Effekt reduziert werden (z. B. geringer Interelektrodenabstand).

3.5.2 Externe Störgrößen

Bewegungsartefakte

- durch Volumenveränderungen des Raumes zwischen Muskelmembran und Haut bzw. zwischen Haut und Elektrode
- durch Druck auf die Elektroden (Proband berührt die Elektroden)
- durch schlecht fixierte Elektroden
- durch Kabelbewegungen (z. B. Artefakte durch Anschlagen der Kabel am Körper)

Technische Einflussfaktoren

- Häufigstes Störartefakt ist ein 50-Hz-Brummen = Wechselstromartefakt, das durch eine defekte bzw. fehlende Erdelektrode, ein defektes Ableitkabel, eine defekte Elektrode durch Einstreuen externer elektrischer Felder (Neonröhren usw.) verursacht worden sein kann (vgl. CONRAD 1998, 23).
- Verstärkerrauschen (Auch hochwertige Verstärker haben ein Eigenrauschen.)

(vgl. CRAM 1990, 22 ff.; 67; KONRAD 1997, 5; ZWICK 1994, 13 ff.; TOSH 1990, 305)

3.6 Signalbearbeitung

Die Bearbeitung der Signale eines Roh-EMGs sind immer dann notwendig, wenn die Auswertung über ein nominales Skalenniveau hinausgehen soll. Dabei sind unterschiedliche Bearbeitungsschritte (Gleichrichtung, Glättung, Mittlung, Normalisierung) zu vollziehen (vgl. Abb. 3.3), um die Reliabilität zu erhöhen, die Datenmenge zu reduzieren und die Messergebnisse in relativen und absoluten Bezügen zu skalieren, um dadurch zu validen und interpretierbaren Aussagen zu gelangen (vgl. KONRAD 1997, 6; ZWICK 1994, 34 ff.).

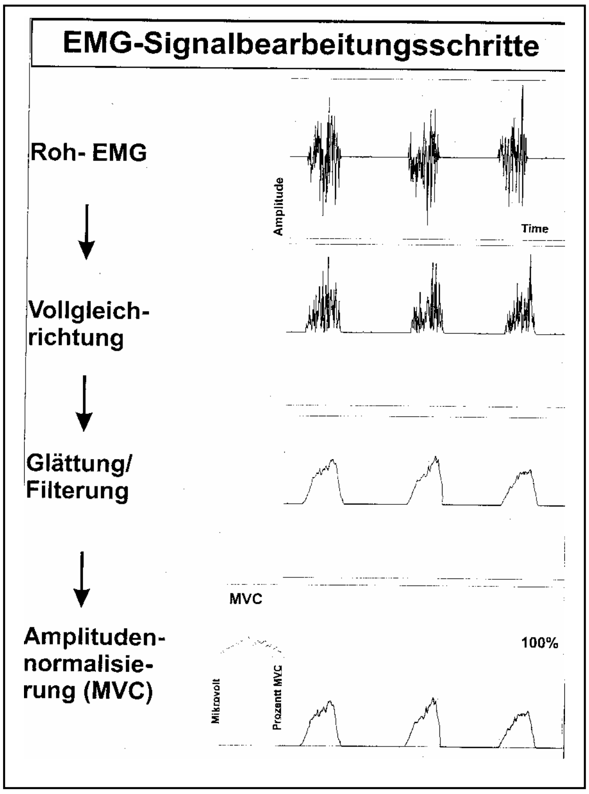


Abb. 3.3: Typische Signalverarbeitungsschritte der quantitativen EMG Analyse (KONRAD 1997, 7)

3.6.1 Gleichrichtung des EMGs (full wave rectification)

Gleichrichten bedeutet ein Spiegeln der negativen Amplitudenwerte an der x-Achse. Durch die Betragsbildung werden alle Signalwerte positiviert, so dass das gleichgerichtete EMG zur qualitativen Abschätzung der Innervationshöhe leichter lesbar ist. Das so aufbereitete Signal enthält immer noch die gleiche Information wie das Roh-EMG und kann für weitere Verarbeitungschritte herangezogen werden (vgl. ZWICK 1994, 34 f.; ZWICK 1997, 6; CLARYS 1992, 385).

3.6.2 Glättung / Filterung des EMGs (smoothing / filtering)

Da das EMG, wie unter 3.4 nachzulesen, stochastischer Natur ist, geht es darum, nicht reproduzierbare Spikes (Spannungsspitzen) durch Glättungsfilter bzw. -algorithmen zu entfernen, um das Signal besser lesbar zu machen und sein Trendverhalten zu ermitteln. Man erhält

durch diese Verfahren sogenannte Hüllkurven (linear envelopes). Diese linear envelopes werden im Verlauf der Arbeit als Aktivitätsverläufe bzw. -profile bezeichnet.
Bei der Arbeit mit mathematischen Glättungsalgorithmen spielen die Berechnungen des gleitenden arithmetischen Mittelwertes („moving average“ (KADABA in ZWICK 1994, 36; BOCHDANSKY 1994, 62)) und des RMS-Wertes eine Rolle (root mean square = geometrischer Mittelwert) (BASMAJAN in ZWICK 1994, 36; WOLF 1990, 76; BOCHDANSKY 1994, 62; DE LUCA 1992, 27). Dabei kommt es unweigerlich zu Phasenverschiebungen im Signal. Je stärker die Glättung, um so stärker ist eine Veränderung des Signals in Bezug auf seine Amplitude und seine zeitlichen Eigenschaften zu finden. Bei Fragestellungen, die sich auf die muskuläre Koordination oder Reflexe beziehen, sollten diese Verfahren daher nicht angewendet werden. Dennoch ermöglicht erst die Glättung und Filterung des unübersichtlichen Roh-.EMGs die Generierung interpretierbarer Aktivitätsverläufe (vgl. ZWICK 1994, 35 f.; KONRAD 1997, 6; RÜHL 1981, 232).

3.6.3 Mittelung des EMGs und Zeitnormalisierung

Bei der Analyse repetitiver Bewegungssequenzen werden die einzelnen Wiederholungen arithmetisch gemittelt. Die durch die Mittelung mehrer Wiederholungen bzw. der Bewegungszyklen entstandenen gemittelten EMG-Kurven werden auch als „Averaged EMG“ oder „Ensemble average“ (KONRAD 1997, 8) bezeichnet. Sie dienen dazu, ein Aktivitätsprofil aufzuzeigen, das für die untersuchte Bewegung typisch und reproduzierbar ist und haben glättende Wirkung.
Trotz Standardisierung von Bewegungsabläufen ist keine Bewegung genau identisch, da biomechanisch bedingte und neuromuskulär gesteuerte Freiheitsgrade vorliegen. Somit müssen die einzelnen Wiederholungen vor der Mittelung auf ein einheitliches ‚Format’ gebracht werden. Dies erfolgt über die sogenannte Zeitnormalisierung
(vgl. Abb. 3.4).

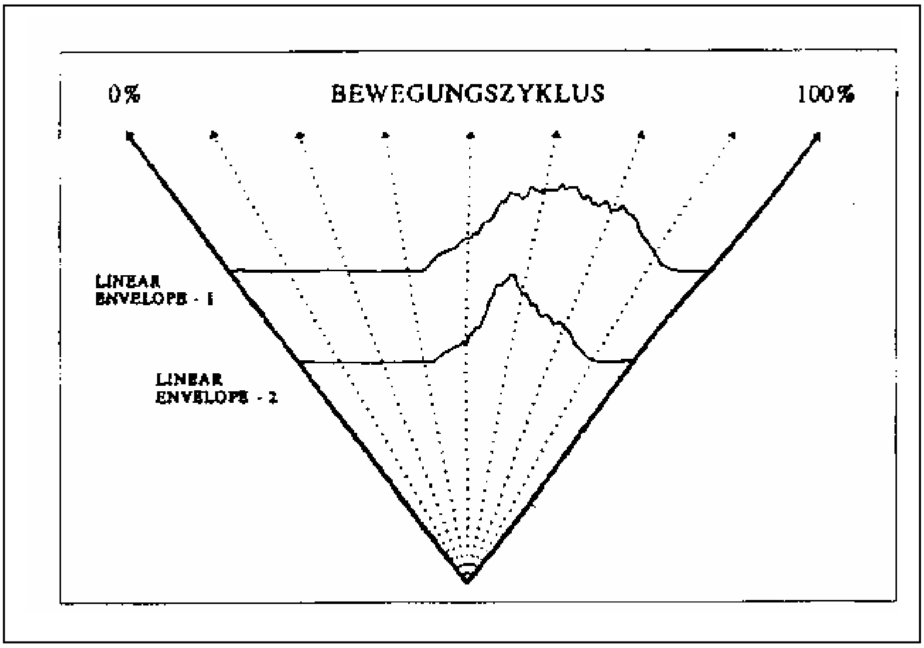


Abb. 3.4: Zeitnormalisierung von zwei unterschiedlich lang dauernden Bewegungszyklen (ZWICK 1994, 42)

Jeder der unterschiedlich langen Zyklen wird von 0%-100% seiner wirklichen Dauer ausgedrückt. Dabei wird jeder Zyklus in eine gleiche Anzahl von Teilabschnitten gegliedert und zu jedem Abschnitt der Mittelwert aller in ihm sich befindenden Werte gebildet. Diese Mittelwerte mehrerer Bewegungszyklen werden wiederum gemittelt. Durch ein solches Vorgehen ist die unterschiedliche Zeitlänge der Zyklen aufgehoben (vgl. KONRAD 1997, 8; ZWICK 1994, 39 ff.; BOCHDANSKY 1994, 62).

3.6.4 Parameter der Amplitudenquantifizierung

Beim „mean EMG“ (WINTER in KONRAD 1994, 37) oder auch beim ARV („averaged rectified voltage“ = gemittelte Richtspannung KNAFITZ in ZWICK 1994, 37) wird der Mittelwert im gleichgerichteten Signal über einen definierten Zeitraum gebildet und in Volt angegeben (vgl. Abb. 3.5). Durch diesen Wert erhält man Aufschluss über das mittlere Erregungsniveau über den betrachteten Zeitraum. Das ARV ist primär

von der Anzahl und der Feuerungsrate der motorischen Einheiten und ihrer Überlagerungsstruktur abhängig (vgl. De LUCA 1985, 26).
Beim integrierten EMG, auch „IEMG" (WINTER in KONRAD 1994, 37) genannt, handelt es sich um die Fläche unter einer Amplitudenkurve über einem bestimmten Zeitraum. Es stellt den muskulären Totalinput einer Analyseperiode dar. Da es jedoch den unterschiedlichen Ableitungsbedingungen unterliegt, ist dies nur ein relatives Maß, das eine Aussage über die tatsächliche Beanspruchung zulässt (vgl. ZWICK 1994, 37 f.; KONRAD 1997, 11).

Mean und integriertes EMG

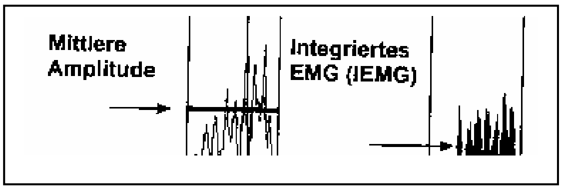


Abb. 3.5: EMG- Amplitudenparameter

3.6.5 Amplitudennormierung

Um inter-, intraindividuelle und intermuskuläre Vergleiche zu ermöglichen und bei kinesiologischen Bewegungsstudien die tatsächliche neuromuskuläre Beanspruchung einschätzen zu können, muss eine Bezugsnorm geschaffen werden, die für alle Ableitstellen einheitlich ist. Dazu dient die Amplitudennormierung, die eine erhöhte Reproduzierbarkeit des EMGs ermöglicht.
Unter Amplitudennormierung ist ein Verfahren zu verstehen, bei dem die Amplitudenstärke in Bezug zu einer Referenzkontraktion gesetzt wird (vgl. ZWICK 1994, 43). Die Einheit der Amplituden wechselt von Mikrovolt zu Prozent des Referenzwerts. Je nach Fragestellung wird die Referenz für die geplante Amplitudennormierung gewählt (versuchsextern bzw. versuchsintern).
Als versuchsexterne Referenzkontraktion kann eine maximale Willkürkontraktion = „MVC" (maximum voluntary contraction ERIKSON, VIITASALO, WOOD in KONRAD 1994, 43) herangezogen werden. Bei

diesem Referenzverfahren wird der in der eigentlichen Messung erreichte Amplitudenwert zu einer 2-5 sekündigen maximalen Willkürkontraktion (100% der muskulären Beanspruchung) in Beziehung gesetzt. MVC-Messungen sollten unter standardisierten Bedingungen isometrisch mit möglichst optimaler Innervation der beteiligten Muskulatur durchgeführt werden, um Reproduzierbarkeit zu ermöglichen. Für jeden abzuleitenden Muskel ist eine eigene MVC-Messung notwendig. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass zwischen MVC-Messung und eigentlicher Messung die Elektrodenpositionen unverändert bleiben.

Der Vorteil der MVC-Methode besteht im Gegensatz zu anderen darin, dass Abschätzungen des neuromuskulären Beanspruchungsniveaus der abgeleiteten Muskeln möglich sind. Problematisch ist jedoch, dass bis jetzt noch keine evaluierten Studien zu MVC-Tests, die eine optimale Innervation bestimmter Muskeln ermöglichen, vorliegen. Dies erschwert den Vergleich von Studien. Außerdem beinhaltet der Begriff ‚willkürlich' das Problem der Reproduzierbarkeit von Messwerten. Darüber hinaus kommt es vor, dass in den statischen MVC-Messungen Werte erzielt werden, die geringer als in der eigentlichen dynamischen Messung sind. Dennoch ist dieses Normalisierungsverfahren dasjenige, welches in der Literatur am häufigsten zu findenden ist (vgl. CLARYS 1992, 409).

Der versuchseigene Mittel- oder Maximalwert (Mean- oder Peak-Value) kann ebenfalls als Referenz herangezogen werden. Der Vorteil dieses Messverfahrens besteht darin, dass keine zusätzliche Referenzmessung durchgeführt werden muss, da die Daten der eigentlichen Messung entnommen werden. Sind jedoch nur wenige Wiederholungen ausgeführt worden, die zur Mttelwertberechnung herangezogen werden können oder bestehen Kabelbewegungen, die hohe Spitzenamplituden entstehen lassen, werden die Analyseergebnisse beeinflusst.

Zur Zeit sind diese Normalisierungsverfahren die einzige mir bekannte Möglichkeit, um das Kraft- und Beanspruchungsniveau des Muskels mittels EMG einzuschätzen. Der Vergleich gegebenenfalls unterschiedlicher Kontraktionsformen in Messung (dynamischen) und MVC-Test (statisch) ist jedoch kritisch zu betrachten. Des Weiteren ist die angenommene lineare EMG- / Kraftbeziehung (vgl. 3.7.2) fraglich (vgl. KONRAD 1997, 6; ZWICK 1994, 38ff; 60f.; CLARYS 1992, 386).

3.7 Aussagekraft und Interpretationsgehalt des EMG-Signals

Im Folgenden wird ein Überblick über mögliche Analysefragen des EMGs gegeben. Darüber hinaus wird das EMG mit Kraft in Beziehung gesetzt und anschließend als anspruchsvolle Untersuchungstechnik dargestellt.

3.7.1 Analysefragen

Grundsätzliche Fragen, die mit dem kinesiologischen EMG bearbeitet werden können, formuliert LAURIG (in KONRAD 1997, 13) wie folgt::

- Ist der Muskel aktiv?
  (Ja oder Nein?)
- Wann ist der Muskel mehr oder weniger aktiv?
  (Skalierung in Rangreihen)
- Wie stark ist der Muskel aktiv?
  (quantitative Daten)
- Wie ist das koordinative Zusammenspiel mehrer Muskeln?
  (Kurvenformen sowie Ein- und Ausschaltcharakteristiken)
- Wie reagiert der Muskel bei Ermüdung?
  (Änderung der Frequenz und Amplitude im Zeitverlauf)

Die Analyseverfahren für die Muskelermüdung (Frequenzanalyse; Leistungsspektrum) sind im vorherigen Abschnitt nicht behandelt worden, da sie in dieser Arbeit auch keine Anwendung finden.

3.7.2 EMG und Kraftrelation

Obwohl der Muskel Krafterzeuger ist und das funktionale Geschehen zwischen Muskel und Bewegungsablauf elektromyographisch erfasst werden kann, ist der direkte Rückschluss von neuromuskulärer Aktivität auf die erzeugte Kraft nur bedingt möglich. Das EMG misst die biologische Elektrizität, jedoch keine physikalische Kraft. Daher ist selbst bei isometrischen Messungen die EMG-Kraftrelationen nicht immer linear. Bei dynamischen Kontraktionen kann es in Folge von Muskellängenveränderungen und Hautverschiebungen zu größeren Abweichungen von EMG-Input und Kraft-Output kommen.

Ergibt die Ableitung des Muskels A eine größere Amplitude als die des Muskels B, so kann daraus nicht direkt der Schluss gezogen werden, dass deshalb auch Muskel A eine größere Kraftentfaltung als Muskel B hat, da die Amplitude von weiteren Faktoren abhängig ist (z. B. Muskelfaseranzahl; Muskelfaserlänge; Abstand von Elektroden zur Haut usw.) (vgl. CLARYS 1992, 439; BASMAJIAN 1985, 199 f.).

Dennoch besteht ein hoher korrelativer Zusammenhang zwischen EMG und Kraft, so dass bei gesteigertem EMG auch von einer gesteigerten physikalischen Spannung des untersuchten Muskels ausgegangen werden kann (vgl. KONRAD 1997, 9 f.; ZWICK 1994, 57).

RÜHL et al (1981, 232) gehen bezugnehmend auf andere Autoren wie Basmajian, Lippolt, Bouisset und Büttner sogar von einer annähernd linearen Beziehung zwischen bioelektrischer Aktivität des sEMGs und der erbrachten Kontraktionskraft aus.

3.7.3 EMG als anspruchsvolle Untersuchungstechnik

Um die Analyseergebnisse interpretieren zu können, sind einige Faktoren zu beachten:

Man sollte sich stets der Problematik, die aus den unterschiedlichen Ableitungsbedingungen resultiert, bewusst sein (vgl. 3.4):

- Störgrößen (vgl. 3.5) wirken verändernd auf das EMG-Signal ein. Zum Beispiel ist die selektive Erfassung eines Muskels mittels Oberflächenelektroden nur bedingt möglich, da Cross-talks entstehen. Tiefer liegende Muskeln können nicht direkt abgeleitet werden.
- Strenggenommen kann niemals die Aktivität des Muskels vollständig, sondern nur die Aktivität der in der Nähe der Elektroden liegenden Fasern erfasst werden (vgl. LUHEDE 1987, 10).

- Durch Bearbeitung der Rohsignale kann es zu Verzerrungen kommen.
- MVC-Messungen können eine Fehleinschätzung des tatsächlichen Maximalniveaus beinhalten.
- EMG-Aktivitätsprofile sind nur unter standardisierten Bedingungen vergleichbar.
- Das neuromuskuläre Beanspruchungsniveau ist nur unter Einbezug von Referenzwerten (z. B. MVC-Wert) abschätzbar.

Auch der ‚EMG-Papst' BASMAJIAN (1985, 65) weist unmittelbar nachdem er die Definition von EMG gibt, darauf hin, von wie vielen Einflussgrößen das EMG-Signal abhängig ist und wie bedeutsam präzise Beschreibung und Auswertung für die Aussagekraft des EMG's sind.
(vgl. CLARYS 1992, 384; 386; 439)

4 Darstellung bereits veröffentlichter Untersuchungen zur neuromuskulären Analyse von Bauchmuskelübungen

Bei allen im Folgenden dargestellten Untersuchungen handelt es sich um Studien, in denen mittels Oberflächenelektroden die elektrischen Potentiale der beanspruchten Muskulatur abgeleitet wurden.
In der ersten vorgestellten Studie geht es unter anderem um die Methodik EMG-gestützter Verfahren. In den zwei folgenden Veröffentlichungen wurden Übungsranglisten zu bestimmten Muskelgruppen erarbeitet. Die nachfolgenden beiden Studien setzen sich mit der Problematik der unterschiedlichen Innervation verschiedener Bauchmuskelanteile auseinander.

4.1 Neuromuskuläre Beanspruchungsanalyse von Trainingsübungen der Rumpfmuskulatur: Methodik und aktueller Forschungsstand EMG-gestützter Evaluationsverfahren. (KONRAD et al. 1999, 315-321)

Für KONRAD et al. war der Anlass für die Durchführung der Studie, dass gerade bei Trainingsübungen aus dem Bereich Kraft ein großer Bedarf an quantitativer Absicherung besteht. Viele bestehende, wissenschaftliche Studien sind jedoch nicht in ausreichendem Maße aussagekräftig und weisen darüber hinaus methodische Probleme auf.
Ziel der Untersuchung ist es daher, an Hand der eigenen Studie auf typische, ausgewählte Probleme der Untersuchungsmethodik aufmerksam zu machen.
Dafür wurden 16 Rumpfkraftübungen mit Hilfe eines gemischt geschlechtlichen Kollektivs aus 10 sportgesunden Probanden untersucht. Das durchschnittliche Probandenalter lag bei 27,8 Jahren, die Durchschnittsgröße bei 177,9 cm und das durchschnittliche Gewicht bei 75,8 kg. Vier Übungen wurden an Geräten durchgeführt. Bei den

anderen 12 Übungen handelte es sich um funktionsgymnastische Übungen für Bauch und Rücken.

Zu den sieben gymnastischen Flexionsübungen, die die Bauchmuskulatur betreffen, zählen folgende Übungen:

Crunch 1:	Flexionswinkel von 0-30°, Kniewinkel von etwa 45°, mit ganzer Fußsohle aufgesetzter Fuß
Crunch 2:	Hände an den Schläfen und Ellenbogen nach außen zeigend, sonst wie Crunch1, aber mit Rotation
Crunch 3:	aus der Hyperlordosierung an der Schrägbank mit einem Bewegungsbereich von -20° - 90°
Sit-up :	Flexionswinkel von 0-90°, Kniewinkel von 90°, Fußsohlenkontakt zum Boden
HipLift:	Proband in Rückenlage, hält sich an den Knöcheln des hinter seinem Kopf stehenden Partners fest, Beine werden mit einem Hüftwinkel von 90° senkrecht nach oben gestreckt, Gesäß wird um 0-20° vom Boden abgehoben
Lat.-flexion1:	Proband befindet sich mit fixierten Füßen in Seitlage, Aufrichten des Rumpfes
Lat.-flexion2:	Person befindet sich im Liegestütz seitlings; Heben und Senken des Beckens

(vgl. KONRAD et al. 1999, 319)

Mit Rücksicht darauf, dass die Geschwindigkeit direkten Einfluss auf die EMG-Amplitude nimmt (vgl. KONRAD et al. 1999, 316), wurde jede Übung mit acht Wiederholungen mit einem Metronomtakt von 30 Schlägen pro Minute ausgeführt. Der Bewegungsbereich wurde mittels Goniometer kontrolliert, um eine Konstanz des Bewegungsbereichs zu ermöglichen (vgl. KONRAD et al. 1999, 317). Bei den gymnastischen Übungen war im Vergleich zu den apparativen Übungen nur eine eingeschränkte Kontrolle möglich. Dies äußert sich in hoher Variabilität (17,23% zu 3,31% Variationskoeffizient).

KONRAD et al. geben einen kurzen Überblick über die Möglichkeiten und Probleme der EMG-Amplitudennormalisierung und stellen die in der Studie benutzten MVC-Teststellungen vor. Sie kommen zu dem

Schluss, dass MVC-Werte durch unterschiedliche Variationsstellungen abzusichern sind. Die in der Studie für den M. rectus abdominis am besten geeignete MVC-Übung ist die Oberkörperflexion aus hyperlordosierter Stellung mit Fußfixierung am Schrägbrett und einem Kniewinkel von 90°. Bei fünf der zehn Probanden konnten bei dieser Übung höchste Werte erzielt werden. Für die Mm. obliquui abdomines konnten durch Lateralflexion mit fixierten Füßen aus einer Ausgangsstellung mit abgesenktem frei hängenden Rumpf bei vier Probanden die höchsten Werte erzielt werden (vgl. KONRAD et al. 1999, 318 f.).
Darüber hinaus werden in der Literatur zu findende Parametrisierungsverfahren zusammenfassend und wertend dargestellt. Zur Reduktion intra- und interindividueller Unterschiede in den Aktivitätsverläufen empfehlen KONRAD et al. „die Mittelung mehrerer Wiederholungen im zeitnormalisierten Bewegungszyklus“ (KONRAD et al. 1999, 319). Sie verdeutlichen den Vorteil dieses Verfahrens am Beispiel der Übung Crunch 1. Für diese Übung sind neben dem Aktivitätsprofil (qualitativer Aspekt) die jeweiligen Phasenmittel- und Phasenspitzenwerte (quantitativer Aspekt) dargestellt.
KONRAD et al. (1999, 320) ziehen die Schlussfolgerung, dass nur eine Kombination qualitativer und quantitativer Auswertungsverfahren unter Berücksichtigung der Amplitudennormierung zu einem Referenzwert sowie eine vorherige genaue Planung und Standardisierung (Bewegungsgeschwindigkeit, -winkel) der Untersuchungsmethodik aussagekräftige Ergebnisse ermöglichen.
An den hier gesetzten Standards für die Untersuchungsmethodik orientiert sich auch mein Untersuchungsdesign.

4.2 Erstellung von Übungsranglisten für einzelne Muskelgruppen. Eine elektromyographische Untersuchung von Übungen. (BOECKH-BEHRENS /BUSKIES 2001).

W.-U. BOECKH-BEHRENS und W. BUSKIES stellen in ihrem Buch „Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit“ neben Informationen zum Krafttraining erstmalig, wissen-

.schaftlich, abgesicherte Übungsranglisten zur Bauch-, Rücken-, Bein-Hüft-, Brust-, Schulter- und Armmuskulatur auf Grundlage elektromyographischer Messungen vor. Dabei werden die ‚Top-Übungen' für jeden Körperbereich besonders betont.
Da in der Praxis des Krafttrainings für eine Muskelgruppe eine Vielzahl unterschiedlicher Übungen eingesetzt werden, interessiert es die Autoren, ob die unterschiedlichen Übungen auch übungsspezifische Effekte hervorrufen (angenommene Hypothese) bzw. ob eine Übung effektiver ist als eine andere.
Es wurde ein homogenes Probandenkollektiv bestehend aus 10 männlichen, durchschnittlich 22 Jahre alten Sportstudenten gewählt. Alle wiesen einen geringen Fettanteil (durchschnittlich 13%) sowie Erfahrungen im fitnessorientierten Krafttraining auf. Es wurden sowohl apparativ gestützte sowie gymnastische Übungen durchgeführt, die aber auf Grund unterschiedlicher Standardisierungen nicht miteinander vergleichbar sind.
Die Bewegungsgeschwindigkeit war kontrolliert und langsam bis mittel, wobei nur in Einzelfällen ein Metronom zur Standardisierung eingesetzt wurde. Auf Anfrage begründete BOECKH-BEHRENS den nur spärlich eingesetzten Metronomeinsatz damit, dass in der Mehrzahl der Fälle die Probanden von alleine die gewünschte Geschwindigkeit einhielten. Jede nichtapparative Übung wurde drei Mal wiederholt, und zwischen den einzelnen Übungen ist eine dreiminütige Pause eingehalten worden. Die Übungsreihenfolge ist für die Hälfte der Probanden umgekehrt worden. Insgesamt wurden pro Muskelgruppe 20 Übungen gewählt, die in der späteren Auswertung der Übersichtlichkeit halber jedoch häufig nicht alle aufgeführt wurden.
Aus den drei erfassten Übungswiederholungen ist die durchschnittliche EMG-Aktivität festgestellt worden. Zunächst wurden, basierend auf diesen Messwerten, muskelgruppenspezifische Übungsranglisten für jeden einzelnen Probanden mit Rangplatz, Standardabweichung und durchschnittlicher EMG-Aktivität und dann über das gesamte Probandenkollektiv gemittelt Übungsranglisten erstellt. Es fand jedoch keine MVC-Normalisierung statt. Die Ranglisten ergeben sich aus dem

Mittelwert der individuellen Rangplätze der einzelnen Probanden für eine bestimmte Muskelgruppe. Da die absoluten Messwerte der einzelnen Probanden sehr unterschiedlich ausfallen können, sind sie nicht miteinander vergleichbar und darüber hinaus auch nicht reproduzierbar. Die Ranglisten jedoch schon. Daher ist der Mittelwert der Rangliste entscheidend.

Die an erster Position stehende Übung einer Rangliste weist den kleinsten durchschnittlichen Rangplatz, die größte EMG-Aktivität und damit die intensivste Muskelkontraktion auf. Sie ist somit die effektivste Kraftübung für den untersuchten Muskel.

Je größer die Abstände zwischen den durchschnittlichen Rangplätzen sind, desto stärker unterscheiden sich die Übungen bezüglich ihrer Muskelinnervation und damit in ihrer Kontraktionsintensitiät und Trainingseffektivität. Sind die Abweichungen nur minimal, können die Übungen als gleichwertig angesehen und im Training alternativ eingesetzt werden.

In den dargestellten Übungsranglisten sind dann lediglich der durchschnittliche Rangplatz und die durchschnittliche EMG-Aktivität aufgezeigt. Sie sind ohne MVC-Normalisierung erstellt worden. (vgl. BOECKH-BEHRENS 2001, 93 ff.). Signifikanzprüfungen wurden nach eigenen Angaben des Autors nur bei einigen wenigen Rangfolgen vorgenommen.

Für die Bauchmuskulatur wurden vier Übungsranglisten erstellt. Diese enthalten jeweils 12 Übungen zum Training der geraden Bauchmuskulatur des unteren und oberen Anteils. Die Rangliste der Übungen für die schräge Bauchmuskulatur besteht aus 19 Übungen und ist exemplarisch für die rechte Körperseite erfasst worden. Zusätzlich ist eine Rangliste bestehend aus vier Übungen für ein Training des gesamten Bauchmuskelkomplexes erstellt worden. Alle Übungsranglisten weisen dynamische und statische Übungen auf.

Zu den drei Top-Übungen der geraden Bauchmuskulatur des oberen Anteils gehören der gerade Crunch mit nach hinten gestreckten Armen (großer Lastarm) und einem Kniewinkel von 45°, der Twisted Crunch mit Händen an den Ohren und einem Kniewinkel von 45° sowie das

Beineheben im Hang. Es folgen die Übungen Käfer, Total Twisted Crunch mit Armen nach vorne gestreckt, Kniewinkel 45° und Hände aufeinander liegend sowie gerader Crunch mit nach vorne gestreckten Armen und 90° nach oben gewinkelten Handgelenken. Auf den Plätzen 7, 8 und 9 liegen die Übungen Bodendrücker, Twisted Crunch mit nach vorne gestreckten Armen sowie der Reverse Crunch mit hinter dem Kopf verschränkten Händen. Die geringsten Innervationen des oberen geraden Bauchmuskels konnten durch die primär für die seitliche Bauchmuskulatur bestimmten Übungen Rumpfseitheben, einbeiniger, seitlicher Unterarmliegestütz und Rumpfseitdrehen mit Stab erzielt werden.

Die gleichen Übungen wurden auch für den unteren Anteil des geraden Bauchmuskels zur Überprüfung gewählt. Hierbei liegt das Beineheben im Hang auf dem ersten Platz, gefolgt vom Käfer und dem geraden Crunch mit nach hinten gestreckten Armen. Der Reverse Crunch, eine gerne für die gerade untere Bauchmuskulatur eingesetzte Übung, erreicht infolge eines relativ kurzen Hebelarms nur Platz 10. Schlusslichter bilden wiederum der einbeinige Unterarmliegstütz und das Rumpfdrehen mit Stab.

Für die schräge rechte Bauchmuskulatur ist das Rumpfseitheben (linke Körperseite liegt auf) die Top-Übung. Die zweitstärkste Innervation wird beim seitlichen Unterarmliegstütz (auf links aufgestützt) erzielt. Es folgen die Übungen Beinheben im Hang, Total Twisted Crunch mit Drehung nach links und Händen an den Ohren. Auf Platz 5 liegt der Bodendrücker mit abgehobenen Knien. Die sechste Position wird vom geraden Crunch mit nach hinten gestreckten Armen, die siebte vom Reverse Crunch und die Achte vom Total Twisted Crunch mit Drehung nach rechts und Händen an den Ohren eingenommen. Schlusslichter bilden die Übungen, bei denen durch die Übungsausführung bedingt (Rotation des Oberkörpers nach rechts; Rumpfseitheben links) die nicht abgeleitete Seite des Bauchmuskels mehr beansprucht wird (vgl. BOECKH-BEHRENS 2001, 125 ff.).

Als beste Komplexübung wird das Beineheben im Hang bezeichnet. Als zweite Übung der Wahl ist der gerade Crunch mit nach hinten

gestreckten Armen (zusätzliche Intensivierung durch Lordosekissen und / oder Schrägbank) angeführt, gefolgt vom Käfer und dem Rumpfseitheben (vgl. BOECKH-BEHRENS 2001, 138f.).
Die Unterschiede zwischen den Übungsrangfolgen des oberen und unteren Bauchmuskelanteils sind nur geringfügig. Der gerade Bauchmuskel wird immer als Ganzes innerviert. Beim oberen Anteil können in der Regel etwas höhere Messwerte erzielt werden als beim unteren, insbesondere, wenn der Rumpf aufgerollt wird. Beim Anheben des Beckens wird der untere Anteil stark beansprucht. Dennoch ist ein isoliertes Training des oberen und des unteren Bauchmuskelanteils nicht möglich .
Für die schräge Bauchmuskulatur (dazu werden von den Autoren M. obliquus externus, M. obliquus internus, M. transversus abdominis und M. quadratus lumborum zusammengefasst) erzeugen die statischen Übungen Rumpfseitheben und der seitliche Unterarmliegestütz eindeutig die höchsten Werte. Auch gerade ausgeführte Übungsvarianten trainieren die schräge Bauchmuskulatur.
Es wird darauf hingewiesen, dass hochintensive Übungen wie das Beineheben im Hang, der gerader Crunch mit nach hinten gestreckten Armen sowie das Rumpfseitheben mit langem Hebel und der einbeinige seitliche Unterarmstütz nur für eine bestimmte Personengruppe mit Vorerfahrungen im Kraftbereich geeignet sind (hohe Kraftfähigkeiten müssen schon vorhanden sein und die Leistungsfähigkeit darf nicht eingeschränkt sein). Dasselbe gilt für die koordinativ sehr anspruchsvollen Übungen des Total Crunches .
Des Weiteren werden verschiedene Ausführungsvarianten aufgewiesen und Möglichkeiten aufgezeigt, welche Hilfen es bei Nacken- und / oder Rückenbeschwerden während der Übungsausführungen gibt (vgl. BOECKH-BEHRENS 2001, 135 ff.). Auf die noch demonstrierten apparativ gestützten Übungen und Übungen mit Partner wird hier nicht eingegangen.

Viele der 20 Übungen in der Übungsrangliste zur Kräftigung der Bauchmuskulatur von BOECK-BEHRENS / BUSKIES (2001, 125 ff.)

sind für die ‚Übungszusammenstellung Bauchmuskelübung' (vgl. Anhang) in dieser Untersuchung ausgewählt worden. Darüber hinaus konnte die Idee der Erstellung von Übungsranglisten zu einzelnen Bauchmuskelanteilen aufgegriffen und um die Komponente des inneren schrägen Bauchmuskels erweitert werden. Die Art und Weise, wie die Übungsranglisten erstellt wurden, ist jedoch unterschiedlich. In dieser Untersuchung wird MVC normalisiert und bei BOECK-BEHRENS/ BUSKIES hingegen werden Ranglisten auf Grund von Mittelwerten individueller Rangplätze einzelner Probanden erstellt.

4.3 Supertrainer Bauch. Die effektivsten Übungen. Eine Veröffentlichung von EMG-evaluierten Übungsranglisten zu Bauchmuskelübungen. (BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002).

Auf dem hinteren, äußeren Deckblatt des oben genannten Buches werden die untersuchten Übungen als ‚die besten Übungen der Welt' für ein wissenschaftlich abgesichertes und leicht nachvollziehbares Bauchmuskeltraining bezeichnet.
Das Anliegen der Autoren W.-U. BOECKH-BEHRNES und W. BUSKIES besteht darin, durch elektromyographische Messungen die effektivsten Bauchmuskelübungen und die wirksamste Ausführung festzustellen. Es werden sowohl Übungen mit dem eigenen Körpergewicht, apparative Übungen als auch Übungen mit Partner und kleinem Handgerät untersucht.
Das Untersuchungsdesign wird in diesem Buch nicht näher erläutert, sondern es wird auf das schon vorher veröffentlichte und hier in 4.2 beschriebene Buch verwiesen. Die Standardisierungen entsprechen somit der in 4.2 dargestellten Untersuchung.
Dazu ergänzend beträgt der Körpergrößenunterschied zwischen den Probanden weniger als 10 cm, um annähernd gleiche Hebelverhältnisse zu gewährleisten.

Die Elektrodenpositionierung sieht wie folgt aus:

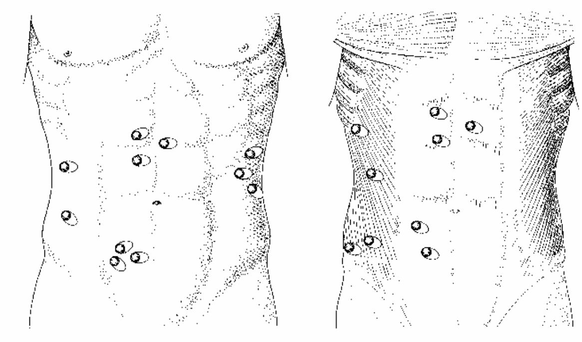


Abb. 4.1: Aufsatzpunkte der Mess- und Erdungselektroden für die Messung der Aktivität der Bauchmuskulatur (BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 73)

Insgesamt werden vier Übungsranglisten mit jeweils 30 Übungen erstellt.

– Oberer Anteil des geraden Bauchmuskels
    1. Beineheben im Stütz mit gestreckten Beinen
    2. Crunch im Hang mit Kopf nach unten
    3. Beineheben im Hang mit gebeugten Beinen und nach rechts gedreht
    4. Crunch auf dem Roman Chair mit 20% Zusatzgewicht
    5. Crunch im Kniestand am Seilzug von vorne
    6. Sit-up auf der Schrägbank mit 20% Zusatzgewicht
    7. Käfer
    8. Beineheben im Stütz mit gebeugten Beinen
    9. Crunch im Sitz am Seilzug von hinten
    10. Crunch mit Widerstand am Oberschenkel
    11. Beineheben im Hang mit gebeugten Beinen und nach links gedreht
    12. Gerader Crunch mit nach hinten gestreckten Armen
    13. Bodendrücker mit abgehobenen Knien und Zug
    14. Crunch auf dem Roman Chair ohne Gewicht
    15. Sit-up auf der Schrägbank ohne Gewicht
    16. Abflex-Presse, statisch

17. Bodendrücker mit aufgesetzten Knien und Zug
18. Gerader Crunch aus der Lendenlordose
19. Bodendrücker mit der Abslide-Rolle
20. Crunch mit dem Aufroll-Gerät
21. Gerader Crunch mit nach vorne gestreckten Armen
22. Twisted Crunch mit Armen diagonal nach rechts vorne
23. Twisted Crunch mit Armen diagonal nach links vorne
24. Schwebesitz am Boden
25. Beinheben im Sitz mit Beinen gestreckt und in dynamischer Form
26. Rumpfseitheben mit Partner
27. Bodendrücker mit aufgesetzten Knien und diagonalem Zug
28. Unterarmliegestütz, diagonal abheben rechts
29. Beinheben im Sitz mit gestreckten Beinen, statisch
30. Unterarmliegestütz, diagonal abheben links

Die ersten 11 Übungen aktivieren neben der Bauchmuskulatur zu einem hohen Anteil die Hüftbeuger. Die Übungen 5, 9, 16, 19 und 20 werden an Geräten durchgeführt. Von der Intensität her fast identisch sind die Übungen 2-4, 5-10, 11-13 und 20, 21 (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 75 f.).

– Unterer Anteil des geraden Bauchmuskels

Die Übungsranglisten des oberen und unteren Bauchmuskels unterscheiden sich nur geringfügig. Die Top-Übung für den unteren Anteil des geraden Bauchmuskels ist der Sit-up auf der Schrägbank mit 20% Zusatzgewicht. Danach kommen Beineheben im Stütz mit gestreckten Beinen, sowie der Käfer und der Bodendrücker mit Zug und abgehobenen Knien. Durch betonte Aufhebung der Lendenlordose wird die Muskelkontraktion intensiviert und der untere Anteil des Bauchmuskels verstärkt angespannt (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 79).

– Schräge Bauchmuskulatur

Mit Ausnahme der Übung ‚Rumpfseitheben mit Partner', als Spezialfall für eine Übung der schrägen Bauchmuskulatur, sind die Top-Übungen für die schräge mit denen für die der geraden Bauchmuskulatur identisch. Gerade ausgeführte Übungen aktivieren die schräge Bauchmuskulatur fast ebenso wie gedrehte Varianten (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 79 f.).

– Komplexübungen

Die Übung Beinheben mit gestreckten Beinen im Stütz / Hang ist die Top-Bauchmuskelübung. Fast gleich hohe Innervationswerte können durch die Übung Sit-up auf der Schrägbank mit 20% Zusatzgewicht gemacht werden.

Die Übungen 3-7 mit Crunch auf dem Roman Chair mit 20% Zusatzgewicht, Crunch im Hang mit Kopf nach unten, Bodendrücker mit abgehobenen Knien und Zug, Sit-up auf der Schrägbank ohne Gewicht und Beineheben im Hang mit gebeugten Beinen nach rechts gedreht sind von der Intensität annähernd gleich. Diese Übungen und die folgenden sieben weisen noch einen hohen Hüftbeugeranteil auf, wodurch jedoch erst die hohe Bauchmuskelaktivität ermöglicht wird. Übung 15 ist der Crunch auf dem Roman Chair ohne Gewicht. Bei Übung 17 handelt es sich um den Bodendrücker mit aufgesetzten Knien und Zug. Der gerade Crunch mit gestreckten Armen nach vorne liegt auf Platz 20 der Komplexübungsrangliste. Übungen mit Heimgeräten sind nur im letzten Listendrittel zu finden (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 81 ff.).

Die Autoren betrachten die Bauchmuskeln als funktionelle Einheit. Kein Bauchmuskel kann isoliert angesprochen werden, sondern es treten immer Komplexwirkungen auf. Übungsspezifische Akzente, die aus einer unterschiedlichen Innervation der einzelnen Anteile resultieren, sind aber möglich. So wird der M. rectus abdominis primär durch das Aufrichten bzw. Aufrollen des Rumpfes bei der Übung Crunch und seiner Varianten sowie zur Beckenstabilisierung beim Beineheben im Hang eingesetzt. Er tritt aber auch bei Twisted Crunches in Aktion (vgl. BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2002, 69 f.).

Zusätzlich zu den Übungsranglisten wird eine weitere Einteilung der Bauchmuskelübungen in Crunches ohne Fixierung der Beine, Sit-ups / Crunch mit fixierten Beinen, Beinhebeübungen, Bodendrückerübungen, Übungen an Maschinen und Geräten sowie Stabilisierungs- und Körperspannungsübungen vorgenommen, die aber nicht weiter erläutert werden soll.

Die 2002 veröffentlichte Untersuchung von BOECKH-BEHRENS / BUSKIES ermöglicht einen weiterführenden Einblick in elektromyographisch analysierte Bauchmuskelübungen und diente mir als Ergänzung zu der unter 4.2 veröffentlichten Untersuchung.

4.4 Elektromyographische Studie zu den Anteilen des M. rectus abdominis. (BERZIN et al. 1997, 491-501)

Ziel der Studie ist es, das Verhalten der unterschiedlichen Anteile des M. rectus abominis (oberer, mittlerer, unterer Anteil) mittels quantitativer, elektromyographischer Analyse bei verschiedenen Arten von Bauchmuskelübungen herauszufinden.
Die Autoren verweisen auf zahlreiche, schon bestehende Studien zu dieser Thematik, die alle jeweils Unterschiede zwischen den Bauchmuskelanteilen feststellen, jedoch nicht zu einer gemeinsamen Übereinstimmung in Bezug auf die Höhe der Variationen und der beteiligten Anteile kommen. Die Vergleichsproblematik ergibt sich auch durch die unterschiedlichen, in den Untersuchungen gewählten Übungen und angewandten Methoden.
Bei 10 Probanden im Alter von 16-27 Jahren wurden bipolare Mini-Oberflächenelektroden der Firma BECKMAN in die gut sichtbaren Bauchmuskelanteile (oben, Mitte, unten) auf die linke Körperseite appliziert. Dabei wurden drei Elektrodenpaare mit einem Interelektrodenabstand von 1,5 Zentimeter pro Segment fixiert.
Die Probanden führten drei isotonische (Übungen 1-3), drei isometrische (Übungen 4-6) und eine Übung (Übung 7) mit beiden Anteilen in randomisierter Reihenfolge aus. Die Übungen wurden vor der Messung geübt. Der Einsatz eines Goniometers diente dazu, den Flexionswinkel während der isometrischen Übungen beizubehalten.

Übung 1: Füße flach auf den Boden aufgestellt, Kniewinkel 90°; Oberkörper flach auf der Unterlage aufliegend; Hände bei gleichzeitig abduzierten Ellenbogen im Nacken verschränkt; Oberkörper aufrollen bis sich die Unterkanten der Schulterblätter vom Boden lösen

Übung 2: Wie Übung 1, nur dass das Becken vor dem Aufrollen des Oberkörpers aufgerichtet wird.

Übung 3: Ausgangstellung: Knie- und Hüftwinkel 90°; Hände bei gleichzeitiger Abduktion der Ellenbogen im Nacken verschränkt; gleichzeitige Oberkörperflexion und anheben des Beckens

Bei den folgenden drei Übungen findet die Messung immer in der Haltephase statt, da es sich um statische Übungen handelt.

Übung 4: Ausgangsstellung: auf Unterlage ausgestreckter Körper; vor Brust gekreuzte Arme; mit gestreckten Beinen Bodenkontakt halten; Oberkörper gestreckt bis 45° anheben und in Endposition halten

Übung 5: Gleiche Ausgangstellung wie bei Übung 4; mit Oberkörper Bodenkontakt halten; anheben der gestreckten Beine um 45° und in Endposition halten

Übung 6: Gleiche Ausgangslage wie bei Übung 4: Rumpf und Beine gleichzeitig gestreckt jeweils um 45° anheben und halten

Übung 7: Gleiche Ausgangsstellung wie bei Übung 1: Fixierung der Füße durch Assistenten; Oberkörper bis 80° aufrollen

Nach MVC-Normalisierung und Bildung des Root Mean Square konnten signifikante Unterschiede zwischen den Probanden und zwischen den Übungen bei den Übungen 2, 4, 5 und 7 mittels F-Test und Turkey-Test festgestellt werden. Bei der Mehrheit der Probanden bestehen Unterschiede zwischen den drei Muskelanteilen des geraden Bauchmuskels. Es besteht die Tendenz, dass der obere Anteil eine höhere Innervation zeigt als der mittlere und der untere Anteil. Dennoch lässt sich bei den untersuchten Probanden kein gleiches Muster für die Innervation der drei Anteile finden. Darüber hinaus stellen die Autoren fest, dass sich bei der Mehrheit der Probanden eine veränderte Körperposition bzw.

der Kontraktionstyp auf die Innervationsmuster der drei Anteile auswirken (vgl. BERZIN et al. 1997, 497).

Durch diese Untersuchung konnte das bei mir schon bestehende Interesse bestärkt werden, in meiner Untersuchung ebenfalls verschiedene Anteile des geraden Bauchmuskels abzuleiten. Die Übungen in randomisierter Form auszuführen, habe ich für meine Arbeit übernommen.

4.5 Quantifizierung von Unterschieden in der elektromyographischen Aktivität zwischen dem oberen und unteren Anteil des geraden Bauchmuskels an Hand ausgewählter Rumpfübungen. (LEHMAN / McGill 2001, 1096-1101)

Anlass für diesen Artikel bildet die Kontroverse darüber, ob der obere und untere Anteil des geraden Bauchmuskels bei Bauchmuskelübungen unterschiedlich stark innerviert werden. Die Autoren bemängeln, dass bei bisherigen Studien, in denen Unterschiede in der Innervation zwischen den beiden Anteilen gefunden wurden, keine Normalisierung durchgeführt wurde. Ein Vergleich der Muskelanteile ist nach Ansicht der Autoren daher nicht zulässig. Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, dieses Problem an ausgewählten Übungen zu beurteilen. LEHMANN und McGILL führen die von Sarti et al. gefundenen Unterschiede zwischen den Bauchmuskelanteilen auf die dynamischen Bedingungen zurück. Um diese und weitere unbekannte Einflussgrößen auszuschalten, wählen LEHMANN und McGILL isometrische Übungen, da Muskellänge und der Grad der Wirbelsäulenkrümmung bei dynamischen Übungen den Kraftoutput beeinflussen können.
Das Probandenkollektiv besteht aus 11 Sportstudierenden mit geringem Unterhautfettgewebe. Bei ihnen wurden der äußere schräge Bauchmuskel sowie der obere (oberstes rechtes Segment 3 cm von lateral) und untere Anteil des geraden Bauchmuskels (2 cm unterhalb und 3 cm rechts vom Bauchnabel) elektromyographisch abgeleitet.

Als MVC-Test für die geraden Bauchmuskelanteile diente ein maximaler Crunch gegen den Widerstand des Versuchsleiters.

Fünf Übungen wurden mit je vier Wiederholungen und drei Minuten Pause zwischen den Übungen ausgeführt. Jede Kontraktion wurde mindestens zwei Sekunden gehalten. Bei allen Übungen befanden sich die Hände des Probanden unter dem Rücken im lumbalen Bereich, um eine durchgehend gleich Wirbelsäulenkrümmung während der Übungsausführung zu gewährleisten und so die Muskellänge, den Interelektrodenabstand und die gesamte Haltung unverändert halten zu können. Aus demselben Grund wurden Nacken und Schultern bei der Beinhebeübung unterstützt:

- Curl-up: Nacken und Schultern werden von der Unterlage bei gleichzeitiger Annäherung von den Rippen zum Becken gelöst.
- Abdominal muscle lift: Bei einem Kniewinkel von 90° und flach aufgesetzten Füßen bzw. Fersen aufgesetzt (welche Version eingesetzt wird ist nicht explizit beschrieben) wird der Oberkörper (Nacken und Schultern) möglichst gestreckt angehoben.
- Leg raise: Der Oberkörper wird etwa so weit gestreckt angehoben wie beim Curl-up. Gleichzeitig werden die gestreckten Beine 25 Zentimeter vom Boden abgehoben.
- Isometric leg raise: Der Proband liegt flach auf dem Rücken und ist in Brusthöhe und an den Knöcheln mit Bändern an der Unterlage befestigt. Er soll mit 30% seiner Kraft (von ihm selbst eingeschätzt) versuchen, die Beine anzuheben.
- Isometric Curl-up: Aus derselben Ausgangsstellung wie beim isometric leg raise sollen die Schultern mit 30% der eigenen eingeschätzten Maximalkraft von der Unterlage gelöst werden.

Bei den letzen beiden beschriebenen Übungen wurde die Messung während der mindestens zwei Sekunden dauernden Halteposition durchgeführt.
Zwischen den Anteilen des geraden Bauchmuskels ließen sich innerhalb einer isometrischen Übung, aber auch zwischen einzelnen isometrischen Übungen nach Normalisierung keine Unterschiede in der muskulären Aktivität feststellen. Einzig bei den Übungen ‚leg raise' und ‚isometric Curl-up' fand eine Umkehr im Verhältnis zwischen den beiden geraden Bauchmuskelanteilen statt, die jedoch sehr klein war. Die muskuläre Aktivität des M. obliquus externus abdominis differierte jedoch zwischen den Übungen. Statistisch wurden diese zwei Aspekte mit einer „one-way-repeated-measure analysis of variance (ANOVA)" (LEHMANN / McGILL 2001, 1100) geprüft.
Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Unterschiede in den getesteten Übungen (kontrollierte Ausführung) zwischen dem oberen und unteren geraden Bauchmuskelanteil nach EMG-Normalisierung so klein sind, dass sie keine praktische Relevanz besitzen. Dennoch räumen sie ein, dass, wie in der Studie von Sarti gezeigt wurde, durchaus die Möglichkeit besteht, dass bei einzelnen Personen die Bauchmuskelanteile durch die gleiche Übung unterschiedlich innerviert werden. Eine bevorzugte Innervierung eines Anteils scheint infolge der umgekehrten Innvervationsverhältnisse beim ‚Leg raise' und ‚Isometric Curl-up' möglich zu sein. Da nur geringe Unterschiede vorliegen, ist dies jedoch nicht von praktischer Relevanz. Da ein Curl-up genauso den oberen und unteren Anteil des geraden Bauchmuskels trainiert, ist die Übung mit gestreckten Beinen für das Training der unteren Bauchmuskulatur nicht notwendig. Sie stellt nach AXLER (1997, 810) eine hohe Belastung im lumbalen Bereich dar und zeigt nach LEHMANN / McGILL (2001, 1101) wider vieler Annahmen keine höhere Innervation im unteren als im oberen Bauchmuskelanteil auf.

Die vorgestellte Studie weist meiner Ansicht nach einige Kritikpunkte auf. Beispielsweise erscheint mir die Vorgabe, Körperteile mit 30% der eigenen selbst eingeschätzten Maximalkraft zu heben, in dieser

Genauigkeit schwer durchführbar. Ebenfalls ist meiner Meinung nach kritisch zu hinterfragen, inwiefern das Legen der Hände unter die Lendenwirbelsäule eine konstante Wirbelsäulenstellung während der Übungsausführung ermöglicht.
Die Angabe zur Pausenzeit zwischen den einzelnen Übungen wurde in meiner Studie mitberücksichtig.
Da sich die Schlussfolgerungen aus der hier vorgestellte Studie von LEHMANN / McGILL von denen in der 4.4 zusammengefassten Studie unterscheiden, erscheint es mir besonders sinnvoll in meiner Arbeit ebenfalls mindestens den oberen und unteren Anteil des geraden Bauchmuskels abzuleiten.

Meiner Ansicht nach besteht das Problem beim Vergleich unterschiedlicher Studien darin, dass häufig die Standardisierung unterschiedlich gewählt bzw. nicht genau angegeben wurde. Die ISEK (International Society for Electrophysiological Kinesiology) fordert daher die Einführung einheitlicher Standards zur Anwendung von EMG im Bereich Sport (vgl. CLARYS 1992, 439).
McGILL und LEHMAN (1999, 444 ff.) weisen auf die Ergebnisverfälschung infolge mangelnder Normalisierung hin. Während sich bei einem nicht normalisierten EMG-Signal die obere und untere Sektion des Bauchmuskels in ihrer Innervationsstärke unterscheiden (unterer Teil weist 60% des oberen auf), ist die Aktivität der beiden Segmente bei durchgeführter MVC-Normalisierung annähernd gleich.
Als Konsequenz daraus sollten Studien nur unter Aufweisung der Standardisierungen und Normalisierungen veröffentlicht werden, um einen direkten Vergleich der Studien untereinander zu ermöglichen (vgl. BERZIN 1997, 491 f.).

Neben den dargestellten Untersuchungen sind für diese Arbeit noch zahlreiche weitere Untersuchungen relevant. Sie können jedoch nicht alle zusammenfassend vorgestellt werden, sondern sind, auf relevante Ausschnitte hin untersucht, in der Diskussion der Ergebnisse zu finden.

5 Forschungsdesign

Die EMG- und videogestützte Analyse zweier schon bestehender Fit-Karten zu Bauchmuskelübungen und sechs weitere zuvor zu erstellende Entwürfe wurden an einem Kollektiv aus 30 Sportstudierenden beiderlei Geschlechts unter spezifischen Fragestellungen durchgeführt (vgl. 0.2). Bei den acht zu untersuchenden Bauchmuskelübungen wurden mit vier Kanälen die elektrischen Potentiale der abgeleiteten Bauchmuskelanteile zunächst erfasst und dann weiteren Bearbeitungs- (vgl. 5.7) und Auswertungsschritten (vgl. 5.8, Kapitel 6) unterzogen.
Um die sechs Fit-Karten-Entwürfe zu erstellen, wurde ein Vorgehen in drei Schritten gewählt, das die Komponenten Literatur, Interview und Fragebogen beinhaltet und im Folgenden erörtert wird.

5.1 Zusammenstellung der zu untersuchenden Bauchmuskelübungen

Die Zusammenstellung der zu untersuchenden Bauchmuskelübungen soll sich nicht nur über das Sichten von Literatur unter Anwendung bestimmter Auswahlkriterien ergeben, sondern auch einen unmittelbaren Praxisbezug haben. McGILL (1997, 449) weist auf die Bedeutung einer Balance zwischen Theorie- und Praxiswissen hin. Um ein möglichst umfassendes Bild über die sich auf dem Markt befindenden Veröffentlichungen zu Bauchmuskelübungen und ihre Anwendung in der Praxis zu erhalten ist daher ein mehrstufiges Verfahren zur Gewinnung adäquater Übungen angewendet:
Zunächst wurde ein großer Bauchmuskelübungspool auf Grund der in der Literatur vorhandenen Übungen unter bestimmten, später erläuterten Kriterien erstellt. Wegen der großen Übungsanzahl fand eine weitere Reduktion dadurch statt, dass in offenen Interviews erlangte Daten, bezogen auf die in der Praxis in Fitnessstudios und Physiotherapie angewandten Übungen, verstärkt bei der Übungsauswahl für den Fragebogen Anwendung finden.

Durch die Auswertung des Fragebogens wurden vier Übungen für den M. rectus abdominis und zwei Übungen für die Mm. obliqui abdomines herausgefiltert, die dann zusammen mit den zwei schon bestehenden Fit-Karten (vgl. 1.10) auf ihre Intensität hin analysiert werden. Die so ermittelten Übungen sind sowohl theorie- als auch praxisbedeutsam.
Die in der Hausarbeit von VÖLKNER (1996, 61, 69) zu findenden zwei weiteren Bauchmuskel-Fit-Karten-Übungen sind für die Evaluation in ihrer Ursprungsform nicht auswählt worden, da sie Hilfsmittel erfordern. In abgewandelter Form werden sie jedoch in der EMG- und videogestützten Evaluation bearbeitet.

5.1.1 Fragebogenerstellung

Die Übungen des Fragebogens berücksichtigen sowohl Übungen aus der Literatur als auch der Praxis.

5.1.1.1 Sichten der Literatur

Die sich auf dem Markt befindende Literatur zu Bauchmuskelübungen ist immens. Dies trifft sowohl für den klassischen Buchmarkt als auch für Zeitschriften, Übungs-CDs und Internetverweise zu. Es sind ebenfalls zahlreiche Broschüren von Krankenkassen zu erhalten.
Da es sich bei den auszuwählenden Übungen um potentielle Fit-Karten-Übungen handelt, sind spezielle Bedingungen berücksichtigt worden: Die gewählten Übungen sind ohne Partner und ohne Gerät auszuführen, da Fit-Karten-Übungen für jeden individuell und ohne großen organisatorischen und materialbezogenen Aufwand zu absolvieren sein sollen. Ebenfalls werden keine statischen Übungen berücksichtigt, da die neu zu erstellenden Fit-Karten-Übungen bei der Evaluation mit den schon bestehenden, dynamischen Fit-Karten-Übungen vergleichbar sein müssen. Eine weitere Eingrenzung ergibt sich durch die Zielgruppe, für die die Fit-Karten bestimmt sind. Es ist mit einem individuell unterschiedlichem Trainingszustand der Teilnehmer zu rechen. Der Wahrscheinlichkeit nach kann von einer nicht sportlich durchtrainierten

Person ausgegangen werden. Da Übungen mit sehr hoher Trainingsintensität - wie es bei Übungen mit Aktivierung des M. iliopsoas der Fall ist (hochintensive Beinhebeübungen) - bei unsachgemäßer Ausführung die Gefahr einer strukturellen Schädigung bergen, ist für die Übungsauswahl eine starke Innervation des M. iliopsoas Ausschlusskriterium. Weil die Aktivität des M. psoas bei Crunches gemäß McGILL (vgl. 1997, 453) relativ gering ist - elektromyographisch überprüft - und sie von dem Autor als gute Wahl für das erste Trainingsstadium angegeben werden, sind sie, da auch häufig in der Literatur zu finden und in der Praxis angewendet, besonders mitberücksichtigt worden. Klassische Sit-ups mit vollständigem Aufbäumen des Oberkörpers sind, obwohl sie laut KONRAD et al. (1999, 704; 707) ein hohes Beanspruchungsniveau besitzen, nicht berücksichtigt worden, da sie gleichzeitig mit einer erhöhten mechanischen Belastung der lumbalen Wirbelsegmente einhergehen. Sie weisen nach AXLER et al. (1997, 810) eine relativ schlechte Challenge-to-compression-Relation auf.
Um dem Kriterium der Aktualität zu genügen, wurden nur Übungen ausgewählt worden, die ab 1990 in der Literatur erschienen sind.
In der Bauchmuskelübungszusammenstellung sind insgesamt 59 dynamische Bauchmuskelübungen aufgeführt, wobei zu jeder Übung die Ausgangsstellung und die Endposition durch ein Foto dargestellt und eine kurze Beschreibung beigefügt sind. Darüber hinaus wurde jede Übung mit den Fundquellen versehen. Im direkten Anschluss daran wurde das 86 Titel umfassende Quellenverzeichnis aufgeführt.
Die Übungszusammenstellung befindet sich im Anhang.

5.1.1.2 Offene Interviews bezogen auf in der Praxis angewandte Bauchmuskelübungen

Die Untersuchungsleiterin führte telefonisch offene Interviews mit Fitnessstudios, die sich in ihrem Selbstverständnis als gesundheits- und fitnessorientiert sehen, um einen groben Überblick über die in Fitnessstudios im Ruhrgebiet gängigen Bauchmuskelübungen zu erhalten.

Insgesamt wurden acht Studios aus fünf unterschiedlich großen Städten (Bochum, Dortmund, Düsseldorf, Kempen, Krefeld) befragt.
Bei nicht apparativen dynamischen Bauchmuskelübungen wurden in allen Fällen primär Crunches sowie Sit-up-Varianten (keine vollständige Rumpfflexion) mit in den Boden gedrückten Fersen in unterschiedlichen Ausführungsvarianten als Übungen der Wahl angegeben. Die Befragten wiesen häufig darauf hin, dass normalerweise die Übungen im Studio an Geräten erfolgen.
Die exemplarisch befragten drei Physiotherapeuten wenden ebenso wie die Fitnessstudios Crunches und Sit-ups an. Statischen Übungen wird darüber hinaus ein hoher Stellenwert beigemessen.

5.1.2 Fragebogen

Da die Bauchmuskelübungszusammenstellung insgesamt zu viele Übungen für einen Fragebogen - basierend auf den in 5.1.1 und 5.1.2 erfassten Daten - beinhaltet, wurden zwei weitere Kriterien für die Auswahl geeigneter Übungen eingeführt:
Koordinativ sehr schwierige Übungen wurden nicht in den Fragebogen übernommen. Bei den Varianten der Crunches und Sit-ups gingen die am häufigsten in Literatur, in Fitnessstudios und der Physiotherapie zu findenden Übungen in den Fragebogen mit ein.
Der Fragebogen ist unter Berücksichtigung von in der Literatur zu findenden Standards zur Erstellung von Fragebögen (vgl. BORTZ 1995, 224f.) und der im Seminar: ‚Planung, Durchführung und Auswertung wissenschaftlicher Untersuchungen im WS 2001/02' am Sportinstitut der Universität Dortmund erstellten Konzeptschrift entstanden.
Die einleitenden Instruktionen sind so kurz wie möglich und so ausführlich wie nötig gehalten. Sie beinhalten das Thema der Untersuchung, die für die Erhebung Verantwortliche und versichern die Vertraulichkeit der Datenverwendung zu. Des Weiteren besteht am Ende des Fragebogens die Option, über das Untersuchungsergebnis einen Bericht zu erhalten (vgl. LEWIN 1986, 153). Die verwendete Fachsprache ist an der Zielgruppe orientiert.

Aus wahrnehmungspsychologischen Gründen wird auf die Verwendung zusätzlicher Bilder und Logos bei der Gestaltung des Fragebogens verzichtet.

Der Fragebogen umfasst insgesamt 18 Seiten und gliedert sich in drei Abschnitte. Nach der Einleitung folgt der Hauptteil mit der Übungszusammenstellung, der sich in Bewertung der Übungen (1.1) und Auswahl der Übungen (1.2) unterteilt.

Unter 1.1 sind insgesamt 20 Übungen aufgeführt. Auf der linken Seite des Blattes ist für jede Übung die Ausgangsstellung und die Endposition bildlich und mit kurzen Übungsausführungshinweisen dargestellt. Rechts davon befinden sich zu jeder Übung drei, immer gleich lautende Fragen. Sie beziehen sich darauf, ob die zu bewertende Übung in der Praxis angewandt wird, wie hoch die Übungsintensität ist und wie die Übung unter gesundheitlichen Gesichtspunkten eingeschätzt wird. Auf den jeweils unter der Frage aufgeführten Ratingskalen, bei denen es sich um nummerische, bipolare Skalen mit fünf Skalenstufen handelt, ist eine Zahl anzukreuzen.

Da aus der 59 Übungen beinhaltenden Übungszusammenstellung lediglich 20 Übungen im Fragebogen erfasst sind und von diesen 20 Übungen wiederum sechs für Fit-Karten-Entwürfe dienen, wurde für die genaue Identifizierung der Übungen folgende Tabelle erstellt.

Übung x im Fragebogen entspricht Übung y in der Übungszusammenstellung und Übung z dem Fit-Karten-Entwurf

Übungszusammenstellung	Fragebogen	Fit-Karten-Entwurf
2	1	
3	2	2
8	3	
9	4	
12	5	
13	6	3
17	7	4
22	8	
25	9	
26	10	5
27	11	
28	12	
29	13	
33	14	
37	15	
39	16	7
44	17	
46	18	
47	19	
53	20	8

Tab. 5.1: Übungsnummerierungen der Übungszusammenstellung, des Fragebogens und der Fit-Karten-Entwürfe im Vergleich

In 1.2 wurde die eigentliche Auswahl der Übungen getroffen. Aus den 13 Übungen zum Training des M. rectus abdominis wurden vier und aus den sieben Übungen des M. obliquus externus abdominis zwei Übungen ausgewählt, sowie die Wiederholungsanzahl und Satzzahl für jede Übung notiert.

Im zweiten Teil des Fragebogens wurden jeweils zwei statische Übungen mit Partnerwiderstand für den M. rectus abdominis und für den M. obliquus externus abdomini gesucht. Die Übungen sollen eine

möglichst maximale Innervation hervorrufen. Dieser Punkt sollte einer Sammlung von möglichen MVC-Tests für die Bauchmuskulatur dienen.
Die Untersuchungsleiterin erhob im dritten Teil des Fragebogens Angaben zur Person. Hieraus soll der Expertenstatus der Befragten ersichtlich werden.

5.1.3 Durchführung der Befragung

Im Zeitraum vom 15.8.2002 bis zum 21.8.2002 wurden 31 Fragebögen erfasst: 13 in Krefeld und 18 in Dortmund.
Davon wurden 10 durch Experten aus dem Fitness-, 17 aus dem physiotherapeutischen Bereich und 4 durch Diplomsportlehrer, die im Bereich des FPZ-Konzeptes (Forschungs- und Präventionszentrum) arbeiten, ausgefüllt.
Die Befragung in Fitnessstudios erfolgte direkt vor Ort, so dass Rücksprachen und Erklärungen durch die Untersuchungsleiterin möglich waren. Im Bereich der Physiotherapie und des FPZ-Konzeptes konnten die Fragebögen leider aus organisatorischen Gründen nicht direkt in meinem Beisein ausgefüllt werden.

5.1.4 Auswertung des Fragebogens

Der erste Abschnitt des ersten Teils des Fragebogens wurde zunächst durch eine Rohmatrix (vgl. Anhang) erfasst. In ihr sind sämtliche Bewertungen aller Befragten zu den 20 Bauchmuskelübungen unter den drei vorgegebenen Bewertungskategorien (Häufigkeit, Intensität und Gesundheitsaspekt) tabellarisch dargestellt.
In der linken Spalte sind die Experten durchnummeriert von E1 – E31 in ihrer jeweiligen Gruppe dargestellt (Fitnessstudio; FPZ-Konzept , Physiotherapeuten). In der Horizontalen sind die 20 Übungen (Übung 1-13: M. rectus abdominis; Übung 14-20: M. obliquus externus abdominis) unter Berücksichtigung der drei Kriterien (a, b, c) aufgeführt. a symbolisiert die Häufigkeit, b die Intensität und c die Einschätzung einer Übung unter gesundheitlichem Aspekt.

Unterhalb der großen Tabelle befinden sich fünf weitere Tabellen der Kategorien Fitnessstudio, FPZ, Physiotherapie, ‚Gesamt' und ‚Endwert (1:1:1)'.
Zu jeder Expertengruppe sind zunächst einzeln von jeder angekreuzten Übung der Mittelwert und die Standardabweichung errechnet worden. Die Zahl unter der Zeile der Standardabweichung ist der Mittelwert aus a, b, c und gibt somit die ‚Wertigkeit' der Übung an. Je geringer der Wert, desto höher die Übungswertigkeit.
Die Zahlenwerte unter ‚Gesamt' resultieren aus der Mittelung der Werte aus den Ergebniswerten der drei Einzelgruppen. Da im FPZ-Konzept apparativ gearbeitet wird, ist unter der Kategorie ‚Endwert (1:1:1)' der Wert für ‚Wie häufig lasse ich diese Übung von meinen Patienten / Klienten durchführen' bei der Berechnung ausgeklammert worden. Obwohl in ihrer Anzahl unterschiedlich, sollen die Expertenurteile der drei befragten Gruppen durch die Kategorie ‚Endwert (1:1:1)' gleichwertig gewichtet in die Berechnung mit eingehen. Dies wird dadurch gewährleistet, dass die Mittelwerte und die dazu gehörigen Standardabweichungen ausschlaggebend für die Berechnung sind. Des Weiteren sind rechts neben den fünf Kategorien die jeweiligen Maximal- und Minimalwerte der Übungsauswahl zu finden.
Die Übungsauswahl resultiert aus den Werten von ‚Endwert (1:1:1)'. Gelb unterlegt sind die Übungen mit den höchsten Übungswertigkeiten. Die durch das Expertenrating erhaltenen ‚Top-Übungen' des M. rectus abdominis sind die Übungen 2, 6, 7 und 10 und für den M. obliquus externus abdominis die Übungen 16 und 20.
Um Aussagen über die Anzahl der Wiederholungen und die Satzzahl, mit der die Übungen ausgeführt werden sollen, treffen zu können, wird der zweite Abschnitt des ersten Teils des Fragebogens zu Rate gezogen.
Hier werden nur noch die Übungen mit Wiederholungs- und Satzanzahl erfasst, die auch von den Experten als positiv erachtet und somit bei der Übungsauswahl angekreuzt wurden.
In der zweiten Tabelle (vgl. Anhang) sind die sechs Top-Übungen, die in der Rohmatrix ermittelt wurden, in der Horizontalen aufgeführt. Jede

Übung ist dreigeteilt in Wahl, Wiederholung und Satzzahl. In der Vertikalen sind die Experten von E1– E31 aufgeführt. Die Wertungen sind nur dann aufgeführt, wenn die jeweilige Übung durch den Experten als ‚Topübung' erachtet wurde.

So wird einer eventuell relativ unreflektierten Angabe über Wiederholungs- und Satzzahlen entgegengewirkt, da es sich um Übungen handelt, mit denen die Experten operieren und die sie insgesamt als positiv einschätzen.

Die Werte sollen nicht unter streng statistischen Gesichtspunkten ausgewertet werden, sondern der Orientierung dienen.

In der Regel wird jeweils der Zahlenwert, der am häufigsten von den Experten bei einer Übung genannt wird, als Richtlinie für die Wiederholungs- bzw. Satzzahl der zu erstellenden Fit-Karte genommen:

Übung	Satzzahl	Wiederholungszahl
2	3	10
6	3	20
7	3	15
10	3	10
16	3	10
20	3	15

Tab. 5.2: Satz- und Wiederholungszahlen der zu erstellenden Fit-Karten

Der zweite Teil des Fragebogens ‚Angabe von statischen Bauchmuskelübungen', die als mögliche MVC-Testauswahl dienen sollen, ist von den Befragten unzureichend abgehandelt worden. Von 31 Fragebögen wurden lediglich 14 bearbeitet.

Auf eine detaillierte Auswertung des dritten Teils des Fragebogens ‚Angaben zur Person' wird verzichtet, da die erhobenen Daten lediglich dazu dienen, den Expertenstatus abzusichern.

Die im Fitnessstudio tätigen Personen verfügen in der Mehrzahl über Fitnesstrainerlizenzen (A, B) und weisen zum Teil noch weitere

Qualifikationen aus diesem Bereich auf (Rückenschullehrer, Fitness- und Gesundheitstrainer). Andere haben Diplomsport studiert. Im FPZ-Training tätige Experten sind in der Regel Diplomsportler oder -wissenschaftler. Die Physiotherapeuten haben alle eine Ausbildung bzw. ein Studium der Physiotherapie absolviert und verfügen zum Teil über weitere Berufsabschlüsse (u. a. Medizin, Lehramt). Bei den übrigen Daten ist eine große Streuung bei der Auswertung zu erwarten, so dass keine weiteren entscheidenden Schlüsse gezogen werden könnten und daher die Auswertung entfällt.

5.2 Probandendaten

Insgesamt nahmen an der Studie 30 Sportstudierende teil, wovon die eine Hälfte Frauen, die andere Hälfte Männer waren. Alle Probanden erfüllten bis auf zwei Ausnahmen, die Untersuchungseingangsvoraussetzungen sportgesund und normales Körpergewicht.
Da aufwendige Untersuchungen zur Körperfettmassenbestimmung wie die Densitometrie, bioelektirsche Impedanzanalyse oder die Ultraschallmethode aus organisatorischen Gründen nicht möglich waren, beschränkt sich diese Untersuchung auf die Bewertung des Körpergewichts. Dazu wurde der in der wissenschaftlichen Literatur gängig angewendetet Body-Mass-Index (BMI) herangezogen, der sich aus dem Quotienten aus Körpergewicht in Kilogramm und der Körperlänge in Meterquadrat errechnen lässt. Das Normalgewicht liegt bei Männern im Bereich 20-25, bei Frauen im Bereich 19-24. Bei Werten, die unterhalb dieser Angaben liegen, wird von Untergewicht gesprochen. Übergewicht liegt bei Männer im Bereich von 25-30 und bei Frauen im Bereich 24-30 vor (vgl. HOLLMAN / HETTINGER 2000, 110).
Die Probandendaten sind den folgenden Tabellen zu entnehmen, wobei zunächst die Daten getrennt geschlechtlich und dann zusammen dargestellt sind. Das Alter ist in Jahren, die Größe in Zentimetern angegeben. Die Häufigkeit des Bauchmuskeltrainings pro Woche wird durch die Abkürzung BMT / W angegeben.

Da die EMG-spezifische Fachliteratur primär in englischer Sprache vorliegt, werden im Folgenden auch die englischen Bezeichnungen bei den folgenden Tabellen und späteren Graphiken verwendet. Alle Werte sind gerundet: Die Standardabweichung (SD) auf zwei Nachkommastellen, die anderen Werte, wie z. B. das arithmetische Mittel (Mean), auf ganze Zahlen.

Probandinnen n=15	Alter	Größe	Gewicht	BMI	BMT/W
Mean	23	171	62	21	1
SD	1,40	5,07	7,23	1,83	1,12
Minimum	20	163	50	19	0
Maximum	25	179	74	24	3

Tab. 5.3: Probandenkollektiv weiblich

Probanden n= 15	Alter	Größe	Gewicht	BMI	BMT/W
arithmetisches Mittel	26	184	77	23	1
Standardabweichung	1,93	4,89	7,84	1,78	0,70
Minimum	22	175	67	19	0
Maximum	28	192	94	26	2

Tab. 5.4: Probandenkollektiv männlich

Gesamt n=30	Alter	Größe	Gewicht	BMI	BMT/W
arithmetisches Mittel	24	177	70	22	1
Standardabweichung	0,26	0,09	0,31	0,03	0,21
Minimum	20	163	50	19	0
Maximum	28	192	94	26	3

Tab. 5.5: Gesamtprobandenkollektiv

5.3 Untersuchungsort

Die elektromyographischen Messungen wurden im Kinesiologischen Labor der Universität Dortmund durchgeführt.

5.4 Standardisierung

Da eine motorische Testung zahlreichen Einflussfaktoren unterliegt, gilt es, diese weitest gehend zu standardisieren, um zu wiederholbaren Messergebnissen zu gelangen. Daher wurden die Übungen in Kontraktionsmodus (konzentrisch/ exzentrisch), Muskelarbeitsweise (dynamisch), Amplitude (Begrenzungsorientierungen), Last- bzw. Kraftniveau (eigene Körperteile), Bewegungsgeschwindigkeit (Metronom), Anzahl der Kontraktionen und Dauer der Pausen standardisiert.
Die Übungsbeschreibungen sind unter 5.6.4 nachzulesen.

5.4.1 Bewegungsausführung

Alle Übungen wurden ohne Schuhe durchgeführt, so dass eventuelle Abweichungen besser erkannt und korrigiert werden konnten (z. B. Übung 5). Bei Übungen, die darin bestehen, den Oberkörper anzuheben, erstreckte sich der Bewegungsbereich von der Ausgangsstellung, in der die gesamte Körperrückseite auf der Unterlage aufliegt bis zur Endstellung, die dann erreicht ist, wenn die Unterränder der Scapulae keinen Kontakt mehr zum Boden haben (etwa 30°). Eine höhere Aufbäumhöhe ist nach HALPERN (1979, 172ff) auch nicht zu empfehlen, da hierdurch die beteiligten Muskeln nicht höher innerviert werden, sondern vielmehr durch die gesteigerte Flexion der Druck auf die Bandscheiben erhöht ist (vgl. AXLER et al. 1997; KONRAD et al. 2001). Durch das Berühren eines Begrenzungsstabes mit dem Brustkorb, wurde eine leichtere Orientierung für den Probanden gewährleistet.
Die seitlichen Ständer, die den Begrenzungsstab halten, befanden sich bei den Übungen 1-4 auf Höhe des Processus xiphoideus, und der Stab wurde bei jeder Oberkörperflexion mit dem Rumpf unterhalb der

Schlüsselbeine leicht berührt. In Übung 5, in der es darum geht, das Gesäß vom Boden anzuheben, wurden die Seitenstangen auf Hüfthöhe platziert. Bei der Übungsausführung war mit den Fußsohlen im Mittelfußbereich die Querstange zu berühren, da an diesem Fußbereich die Abweichungen, die durch Dorsalflexion und -extension entstehen können, am Geringsten sind. Bei Übung 6 wurden die Ständer auf Höhe des Processus xiphoideus positioniert, wobei die Stabhöhe so gewählt war, dass der Proband den Stab beim Aufbäumen des Oberkörpers mit dem rechten Oberarm in Höhe des Ansatzes des Deltamuskels an einer auf dem Querstab in Körpermitte angebrachten Markierung berührte. Beide Schulterblätter waren vom Boden zu lösen.

In der siebten Übung standen die seitlichen Ständer ebenfalls auf Höhe des Processus xiphoideus. Der Proband hatte mit dem proximalen Ende der Ulna die Markierung, die sich auf dem Querstab in Körpermitte befand, zu berühren. Dabei war darauf zu achten, dass die Ellenbogen nicht nach vorne genommen wurden, sondern das der Oberkörper die Rotation ausführte. Auch hier mussten wieder beide Schulterblätter vom Boden gelöst werden.

Bei Übung 8 befanden sich die seitlichen Ständer auf Hüfthöhe. Der auf der Hüfte aufliegende Arm berührte die Querstange, wenn das Becken soweit angehoben war, dass Oberschenkel und Rumpf eine Linie bildeten.

Da davon auszugehen ist, dass bei durchschnittlich gebauten Erwachsenen

> „ […] die Gewichte der einzelnen Körperteile in einem festen Verhältnis zum Gesamtgewicht stehen und die Schwerpunkte der Extremitäten fast genau auf ihren Längsachsen liegen und auf den Extremitäten eine interindividuell gleiche Entfernung des Schwerpunkts von den beteiligten Gelenkpunkten angenommen werden kann […]“

(ROTH, WILLEMCZIK 1999, 45f.), erschien es mir sinnvoll, die Standardisierung wie oben beschrieben vorzunehmen.

5.4.2 Bewegungsgeschwindigkeit

Jede Bewegungsphase der Übungen 1-4 und 6-8 dauerte 2 Sekunden. Dies entspricht einem Metronomtakt von 30 Schlägen pro Minute. Übung 5 ist mit 60 getaktet worden (1 Sekunde pro Bewegungsphase), um eine angemessene Übungsausführung zu ermöglichen.

5.4.3 Kontraktionsanzahl

Bei allen Übungen wurde ein exemplarischer Trainingssatz à neun Wiederholungen durchgeführt, wobei der erste Marker nach der ersten Wiederholung gesetzt wurde, um dem Probanden zunächst ein ‚Hineinkommen' in die Bewegung zu ermöglichen.

5.4.4 Pausenzeit

Zwischen den einzelnen Übungen wurde eine Pausendauer von drei Minuten eingehalten. Dieser Wert orientiert sich an LEHMANN/ McGILL (2001, 1099) und BOECKH-BEHRENS / BUSKIES (2001, 94).
Innerhalb der Pause wurde die in der gerade absolvierten Übung erfahrene Belastung mittels der Borg-Skala erfasst, die nächste Übung erklärt sowie standardisiert.
Die Kontraktionspause ermöglicht weitestgehend die ATP-Resynthese, so dass Muskelermüdung in Folge ATP-Mangels verzögert werden kann (vgl. EINARS 1979, 8).

5.4.5 Übungsreihenfolge

Um Reihenfolgeeffekte der Übungen zu vermeiden, wurden die Übungen in zufälliger Reihenfolge durchgeführt (vgl. BERZIN et al. 1997, 494). Vor Untersuchungsbeginn zog jeder Proband nacheinander acht Nummernkärtchen und setzte dadurch die Übungsreihenfolge, die dann auf dem Untersuchungsprotokoll erfasst wurde, fest.

5.5 Vorbereitung der Untersuchung

Bevor die eigentlichen Messungen durchgeführt werden konnten, war ein Vortest nötig, um Standardisierungen in allen Untersuchungsbereichen zu präzisieren.
An den eigentlichen Messtagen wies die Untersuchungsleiterin die Probanden zunächst ein (vgl. 5.5.3), applizierte die Elektroden (vgl. 5.5.5; 5.5.6) und ließ die Probanden sich Aufwärmen (vgl. 5.5.7).

5.5.1 Verwendetes Material

Während des Auswärmens auf dem Laufband ist eine Polar-Herzfrequenzmessuhr verwendet worden.
Die elektrischen Signale der Bauchmuskulatur wurden mittels Nassgelelektroden des Typs P-00-S-50 Blue Sensor der Firma Medicotest abgeleitet, die auf die zuvor rasierte (Einwegrasierer) und mit einer abrasiven Paste von EVERY behandelte Haut geklebt wurden. Die Untersuchungsleiterin fixierte die Elektroden zusätzlich mit Tape, um eine durch Schwitzen bedingte Loslösung zu verhindern. Darüber hinaus fixierte sie, um die Gefahr der Messwertverfälschung durch Kabelbewegungen zu minimieren und Zugentlastung zu ermöglichen, die Kabel mit einem Gürtel und zusätzlich mit Tape.
Für die MVC-Messungen benötigte man eine Liege und eine Sprossenwand mit Polsterung im Bereich der Fußhöhe. Bei den eigentlichen Untersuchungsmessungen wurden als Standardisierungshilfe zwei Pfeiler mit Querstange eingesetzt. Mittels einer SONY-Kamera des Typs DCR-TRV30E, die während der Messungen auf einem Stativ montiert war, konnte die Übungsausführung in ihrem Verlauf bildlich dokumentiert werden.
Bei dem verwendeten Verstärker der achtkanaligen EMG-Anlage handelte es sich um das Myosystem 2000. Über die AD-Card wurden die Signale in das Notebook transferiert und über das Programm Myovideo (Video & EMG Integration von NORAXON USA, Inc. Copyright 2000) sichtbar gemacht. Zur weiteren Verarbeitung standen

die Software Myoresearch 2.10 (Software for the EMG professional NORAXON USA, Inc., Scottsdale, Arizona) sowie zur Darstellung und statistischen Überprüfung der Ergebnisse die Datenverarbeitungsprogramme EXEL von Microsoft und SPSS (Statistical Package for Social Sciences) zur Verfügung.

5.5.2 Vortest

An einem männlichen Probanden sind Probemessungen durchgeführt worden. So konnte die Elektrodenplatzierung, die ausgewählten MVC-Tests erprobt und die Standardisierung in allen Bereichen der Untersuchung präzisiert werden (Laufband: Herzfrequenz; Bewegungsausführung; Pausen; Kamerapositionierung).

5.5.3 Einweisung der Probanden

Zu Beginn des Messtermins, der für jeden Probanden einzeln terminiert ist, wurde dem Proband der Ablauf der Untersuchung erklärt. Danach sind die persönlichen Daten erfasst worden (Alter, Größe, Gewicht, Bauchmuskeltraining ja / nein).

5.5.4 Untersuchungsprotokoll

Das Untersuchungsprotokoll besteht aus sechs Blöcken. Zu Untersuchungsbeginn wurde jedem Probanden ein Probandenschlüssel (Block 1) zugeteilt. Uhrzeit und das Datum sind in Block 2 notiert worden. Weitere Daten wie Alter, Größe, Gewicht, Bauchmuskeltraining ja / nein (Block 3) wurden ebenfalls erfasst. Für die während des Aufwärmens gemessene Herzfrequenz ist ein weiterer Block (4) vorgesehen. Anmerkungen zu den MVC-Übungen sind im fünften und die Übungsreihenfolge der durchzuführenden Bauchmuskelübungen sowie die dazugehörigen Anmerkungen im sechsten Block festgehalten.

Ein Exemplar des Untersuchungsprotokolls ist im Anhang zu finden.

5.5.5 Hautvorbereitung

Die Hautbehandlung ist sehr wichtig, um ein aussagekräfiges EMG zu erhalten, da bei nicht behandelter Haut die Widerstände entsprechend hoch sind (vgl. CLARYS 1992, 382; HERMENS et al. 2000, 368). Die Haut wurde mit einer abrasiven Paste (EVERY) behandelt, um Hautschuppen und Fettrückstände zu entfernen. Dadurch wird der Widerstand von rund 100 kΩ auf etwa maximal 10 kΩ reduziert.

5.5.6 Elektrodenapplikation

Da die Amplitude und die Frequenz des EMG-Signals von der Position, der Elektrodenart und dem Interelektrodenabstand abhängen, ist es für die Messungen wichtig, einheitlich zu verfahren, um zu vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen (vgl. DE LUCA 1997, 140; HERMENS et al. 2000, 367 ff.).

Bei der Elektrodenpositionierung sind die Erfahrungswerte aus der langjährigen Arbeit des EMG-Experten P. KONRAD sowie die Untersuchungsergebnisse von KIPPERS et al. (1998, 51 ff.) und VERA-GARCIAs (2000, 368) berücksichtigt worden:

Die für die Elektrodenapplizierung relevanten Dermatome sind Th 8-12 und L1 (vgl. BENNINGHOFF 1993, 282). Der Interelektrodenabstand beträgt bei jedem Elektrodenpaar zwei Zentimeter. Mit diesem Abstand wird auch in der Mehrzahl der durch HERMENS et al. überprüften 144 Veröffentlichungen gearbeitet (vgl. HERMENS et al. 2000, 364). Die Elektroden wurden parallel zur Muskelfaserverlaufsrichtung appliziert.

Für die Ableitung des M. rectus abdominis ‚oberer Anteil' klebte die untere Elektrode im dritten Segment (etwa 3 cm rechts vom Umbilicus), die zweite Elektrode darüber (vgl. Abb. 5.1).

Beim unteren Anteil des geraden Bauchmuskels saß die obere Elektrode etwa drei Zentimeter rechts und drei Zentimeter kaudal vom Bauchnabel und die zweite Elektrode kaudal dazu (vgl. Abb. 5.1).

Die Ableitung des geraden Bauchmuskels wurde somit einmal oberhalb und einmal unterhalb der Linea arcuata vorgenommen, so dass die

unterschiedlichen anatomischen Gegebenheiten dieses Muskels berücksichtigt wurden (vgl. 2.2.3.1).
Auf der Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior und Rippenbogen und im rechten Winkel zu einer vom Bauchnabel gedachten Linie wurde die untere Elektrode für die Ableitung des M. obliquus externus abdominis appliziert. Die zweite Elektrode saß in Faserverlaufsrichtung darüber (vgl. Abb. 5.1). So konnten primär die seitlichen, aber auch die vorderen Fasern dieses Muskels erfasst werden.
Die Elektroden des M. obliquus internus abdominis wurden in dem aus Ligamentum inguinale, Spina iliaca anterior superior und der äußeren Grenze der Rectus Scheide gebildeten Dreiecks appliziert (vgl. Abb. 5.1). In diesem Bereich ist der innere schräge Bauchmuskel nur von der Aponeurose des äußeren schrägen Bauchmuskels überlagert, so dass deren Einfluss (Cross-talk) auf die Messergebnisse minimiert ist.
Die Elektroden für den M. rectus abdominis oberer und unterer Teil sowie für den M. obliquus externus abdominis klebten auf der rechten, die des M. obliquus internus abdominis entsprechend seiner Funktion auf der gegenüberliegenden Körperseite (vgl. Abb. 5.1). Auf beidseitige Applizierung jedes Muskelanteils wurde verzichtet, da keine Unterschiede zwischen rechter und linker Seite zu erwarten wären (vgl. VERA-GARCIA et al. 2000, 567).
Die Referenz befand sich auf der Spina iliaca, da das Gewebe als elektrisch inaktiv gilt (GRENIER 2000, 566) (vgl. Abb. 5.1).

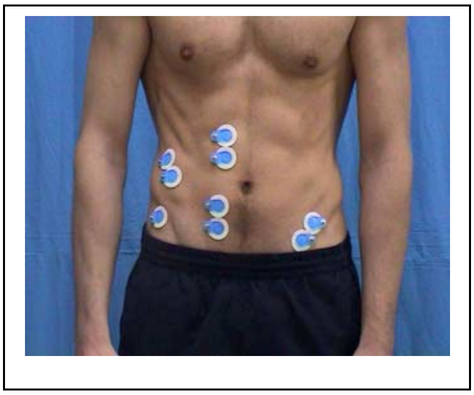


Abb. 5.1: Elektrodenkonfiguration

5.5.7 Aufwärmen

Für die EMG-Messungen nicht zu unterschätzen ist die durch das Aufwärmen bedingte erhöhte, für alle Probanden zutreffende Temperatur der Muskulatur. J. SCHNEIDER (1991, 96) zeigte in seiner Arbeit auf, dass die Temperatur als Einflussgröße auf das EMG-Signal nicht vernachlässigt werden darf, da die Muskelleitgeschwindigkeit temperaturabhängig ist.

Durch das Aufwärmen soll ein optimaler psychophysischer und koordinativ-kinästhetischer Vorbereitungszustand erreicht werden. Die Körpertemperatur wird erhöht und das kardiopulmonale System auf die bevorstehende Beanspruchung vorbereitet. Gemäß der RGT-Regel resultieren daraus verbesserte physiologische Reaktionen. Darüber hinaus dient das Aufwärmen der Verletzungsprophylaxe (vgl. WEINECK 2000, 570 ff.)

Die Aufwärmphase dauerte sechs Minuten und erfolgte für alle Probanden auf dem Laufband. Die Intensität beim Aufwärmen, die im Gesundheitsbereich liegen soll, ist zum einen über das subjektive Belastungsempfinden sowie die ‚Atemkontrolle' (Proband kann sich noch mit der Untersuchungsleiterin unterhalten) und zum anderen durch Pulsfrequenzmessung reguliert worden (vgl. GEIGER 1999, 41 ff.). Mit einem Herzfrequenzmesser (Polar) versehen, wechselten die Probanden nach einer kurzen Eingewöhnungsphase des Gehens zum Laufen über. Die Geschwindigkeit und der Steigungswinkel des Laufbandes wurden von der Versuchsleiterin probandenspezifisch so gewählt, dass nach den ersten 3 Minuten eine Herzfrequenz von etwa 180 minus Lebensalter erreicht wurde - Faustregel nach HOLLMANN - (vgl. GEIGER 1999, 43). Über die nächsten drei Minuten wurde ist diese Frequenz annähernd beibehalten worden. Die Werte wurden im Untersuchungsprotokoll (vgl. Anhang) mit einem Referenzintervall von ± 10 Schlägen festgehalten.

5.6 Untersuchungsdurchführung

Bevor die eigentlichen Messungen durchgeführt werden konnten, mussten zunächst die Kalibrierung (vgl. 5.6.1) und vier MVC-Tests (vgl. 5.6.2) durchgeführt werden. Nach passender Kammeraeinstellung (vgl. 5.6.3) konnten dann die acht Bauchmuskelübungen elektromyographisch und mittels Video erfasst werden (vgl. 5.6.4).

5.6.1 Signalgütetest und Kalibrierung

Vor Anschluss der Elektrodenkabel wurden diese kurzgeschlossen, um den Verlauf der 0-Linie zu kontrollieren. Nach Anschluss der Elektrodenkabel an die Elektroden wurde die Signalgüte überprüft, eventuell einstrahlende Störgrößen (Herzfrequenz) sind dabei notiert und die Kalibrierung ist vorgenommen worden. Der Proband lag währenddessen entspannt in Rückenlage auf einer Liege und seine Arme befanden sich locker neben dem Körper.

5.6.2 MVC-Messungen

Auf die Erörterung der theoretischen Grundlagen der MVC-Messung wird an dieser Stelle verzichtet, da dies bereits im Kapitel 3 erfolgt ist (vgl. 3.6.5). Es wurden vier MVC-Übungen durchgeführt, die auf dem Erfahrungswissen des EMG-Experten P. KONRAD beruhen. Die ersten zwei Übungen sollten den M. rectus abdominis möglichst maximal und die zweiten beiden Übungen die Mm. obliqui externus und internus abdomines beanspruchen. Es sind bewusst je zwei Übungen pro Muskelgruppe ausgewählt worden, da die Probanden in der Regel nicht alle bei genau einer bestimmten Übung höchste Werte erzielen können, sondern die Reaktionen auf die Maximalkrafttests sehr individuell sind.
Der PC sucht automatisch die Übung heraus, die für den entsprechenden Bauchmuskelanteil die höchste Innervation bei den durchgeführten Tests hervorgerufen hat. Die Reihenfolge der Übungen konnte daher bei jedem Probanden gleich gehalten werden.

Jede Übung wurde mit einer Anspannungszeit von 3-5 Sekunden zweimal ausgeführt. Zwischen den Wiederholungen innerhalb der Übung wurden 30 Sekunden Pause, zwischen zwei Übungen eine Minute Pause eingehalten.
Es ist bewusst auf eine Aufzeichnung der MVC-Messungen auf Video verzichtet worden, da es von den Probanden als unangenehm empfunden werden kann, dass ihre Mimik bei maximaler Beanspruchung festgehalten wird. Das Mitlaufenlassen des Videos hätte sich somit kontraproduktiv auf die Kraftleistungen auswirken können. Um die Probanden zu maximalen Leistungen zu motivieren (vgl. 2.5), feuerte die Untersuchungsleiterin sie an.

Bei der ersten Übung handelt es sich um eine Crunchvariante.
Der Proband fixiert die Füße unter einer gepolsterten Stange der Sprossenwand, hat einen Kniewinkel von etwa 90 Grad, die Arme vor der Brust verschränkt und versucht, aus der liegenden Position mit maximaler Kraft seinen Oberkörper anzuheben. Gegen seine verschränkten Arme wird dabei von der Versuchsleiterin Widerstand ausgeübt. Der Proband kann sich bis zu einem Winkel von etwa 45° aufrichten (vgl. Abb. 5.2).

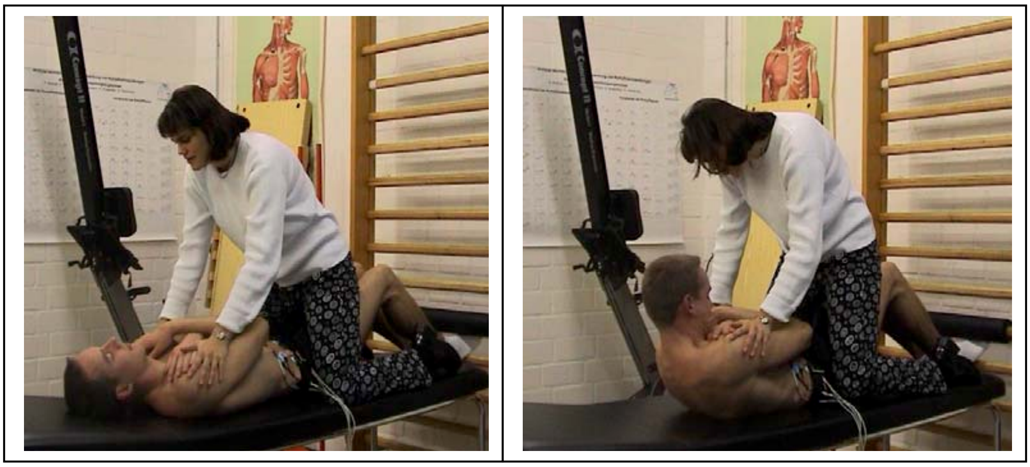


Abb. 5.2: MVC-Test Übung 1

Der Proband hängt bei der zweiten Übung mit gestrecktem Körper an einer Stange und hat den rechten vor den linken Knöchel gekreuzt. Er soll die Knie möglichst nah an die Brust führen. Bei Probanden mit besonders stark ausgeprägter Bauchmuskulatur wird das vollständige Anziehen der Knie an die Brust durch einen Widerstand, der von oben auf die Oberschenkel ausgeübt wird, verhindert, um so eine maximale Innervation zu ermöglichen. Der Widerstand wird ab einem Hüftwinkel von 90° geleistet.

Abb. 5.3: MVC-Test Übung 2

Übung drei entspricht in der Ausgangstellung der ersten Übung. Der Proband soll seine rechte Oberkörperhälfte gegen den äußeren, auf seinen rechten Schulter- und Armbereich ausgeübten Widerstand zum linken Knie bringen. Aufrichtwinkel ist etwa 45°.

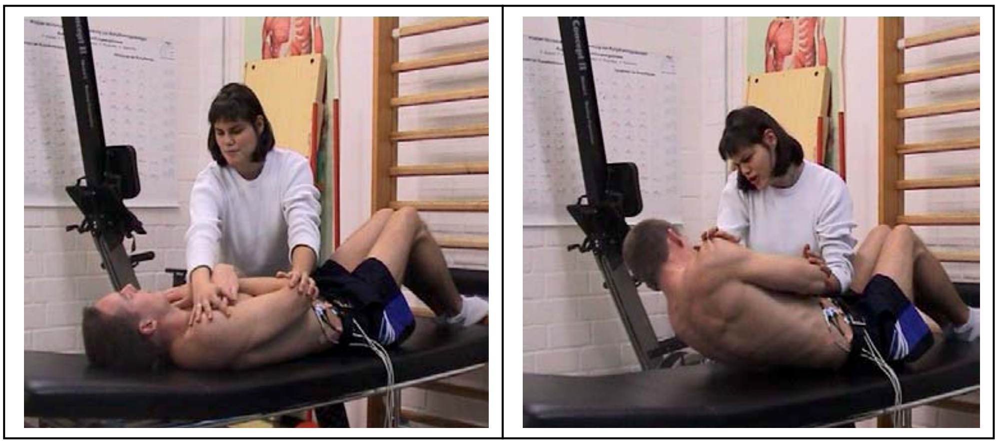


Abb. 5.4: MVC-Test Übung 3

Bei der vierten Übung liegt der Proband auf der linken Körperseite bis zum Beckenkamm auf der Liege auf, hat das rechte Bein über das linke gekreuzt und die Füße unter der Sprossenwand fixiert. Die Arme sind vor der Brust verschränkt und der Oberkörper ist seitlich abgesenkt, so dass er sich unterhalb des Niveaus der Liegeauflagefläche befindet. Gegen den auf seine rechte Körperseite ausgeübten Druck versucht sich der Proband aufzurichten.
Diese Übung ist auch in der Untersuchung von KONRAD et al. 1999 verwendet worden.

Abb. 5.5: MVC-Test Übung 4

5.6.3 Kammerapositionierung

Um die Körperposition im zeitlichen Verlauf der Übung bei den verschiedenen Bauchmuskelübungsausführungen festzuhalten, wurde der Proband schräg im seitlichen Profil aufgenommen.

5.6.4 EMG-Messungen

Bei den EMG-Messungen wurden die elektrischen Aktivitäten der vier abgeleiteten Muskelanteile bei den acht zu untersuchenden Fit-Karten aufgezeichnet und zusätzlich mit Video dokumentiert.
Vor jeder der acht Bauchmuskelübungen wurde diese mit dem Probanden genau durchgesprochen, die Standardisierung vorgenommen und die Übung mit Metronomunterstützung exemplarisch einige Male mit dem Probanden durchgeführt. Während der

Übungsausführung wurde von der Versuchsleiterin auf die Einhaltung der Standardisierung geachtet und die erforderlichen Marker sind gesetzt worden. Nach jeder Übung schätzte der Proband seine für die Bauchmuskulatur erfahrene Anstrengung auf der von 6-20 skalierten Borg-Skala (vgl. 2.5.2) ein. Zusammen wurden die Bedeutungen der einzelnen Zahlen dieser Skala durchgesprochen, insofern sie nicht schon selbsterklärend verstanden wurden.
Die Übungen sind im Folgenden in Bild und Text dargestellt. Bei den Bildern ist links immer die Ausgangsstellung und rechts die Endposition zu sehen.:

1. Übung:
(bereits bestehende Fit-Karte)
Der Proband liegt in Rückenlage und hat die Arme seitlich neben dem Körper gestreckt, wobei die Handinnenflächen Richtung Matte zeigen und die Hände sich in Verlängerung der Unterarme befinden. Die Fersen sind in den Boden gedrückt und die Fußspitzen aufgerichtet. Der Kniewinkel beträgt 90°.
Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und die Arme werden in Hüfthöhe nach vorne geschoben.
In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.6).

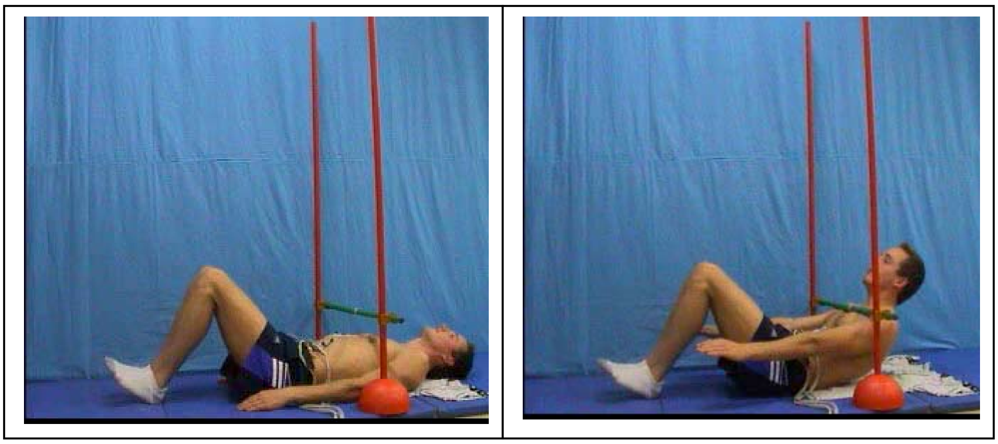


Abb. 5.6: Übung 1

2. Übung

Der Proband liegt in Rückenlage und hat die Arme seitlich neben dem Körper. Knie- und Hüftwinkel betragen 90°. Die Unterschenkel befinden sich parallel zum Boden.

Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und die Arme werden in Hüfthöhe nach vorne geschoben, wobei mit den Händen eine imaginäre Wand weggedrückt werden soll.

In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.7).

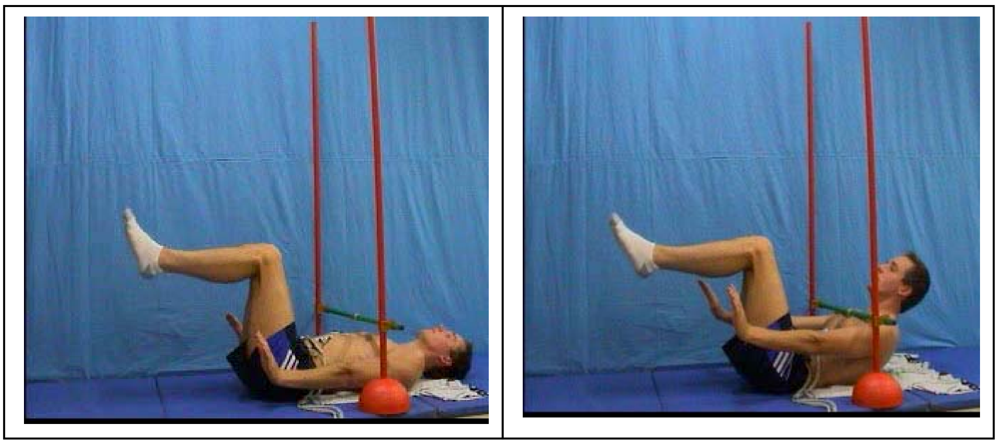


Abb. 5.7: Übung 2

3. Übung

Der Proband liegt in Rückenlage und hält seine Hände an den Schläfen, wobei die Ellenbogen nach außen zeigen. Knie- und Hüftwinkel betragen 90°. Die Unterschenkel sind parallel zum Boden.

Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und die Ellenbogen werden weiterhin außen gehalten.

In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.8).

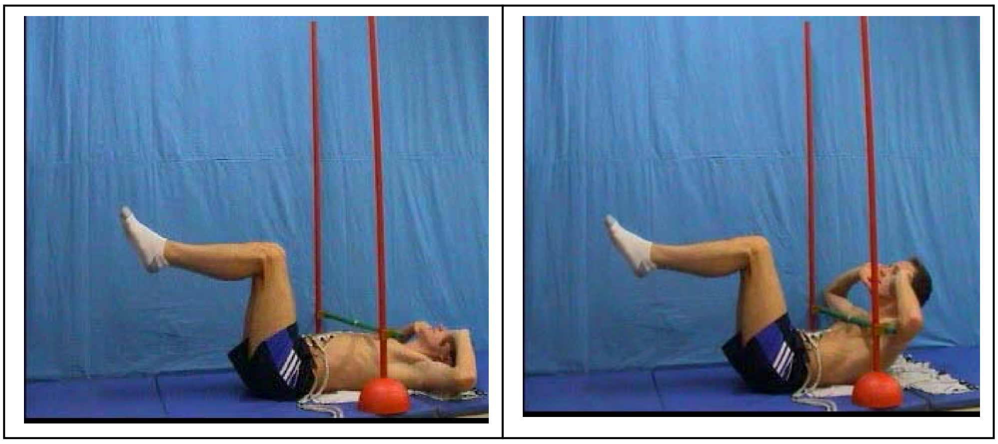


Abb. 5.8: Übung 3

4. Übung

Der Proband liegt in Rückenlage und hat seine Hände an den Schläfen, wobei die Ellenbogen nach außen zeigen. Die Fersen sind in den Boden gedrückt und die Fußspitzen aufgerichtet. Der Kniewinkel beträgt 90°.

Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und die Ellenbogen werden weiterhin außen gehalten.

In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.9).

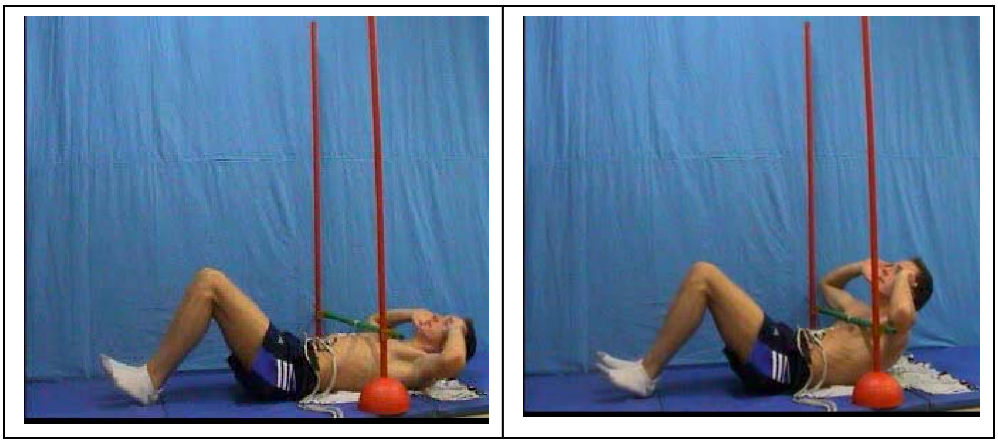


Abb. 5.9: Übung 4

5. Übung

Der Proband liegt in Rückenlage, hat die Arme seitlich neben dem Körper gestreckt, wobei die Handinnenflächen zur Matte zeigen. Der Hüftwinkel beträgt 90°, und die Beine sind möglichst ganz gestreckt.

Mit Hilfe der Bauchmuskulatur wird das Gesäß senkrecht einige Zentimeter vom Boden angehoben. Dabei wird weitestgehend ohne Zuhilfenahme der Arme (nur zur Gleichgewichtsregulierung) und ohne Schwung gearbeitet. Das Gesäß setzt nach der Bewegung wieder auf dem Boden auf (vgl. Abb.:5.10).

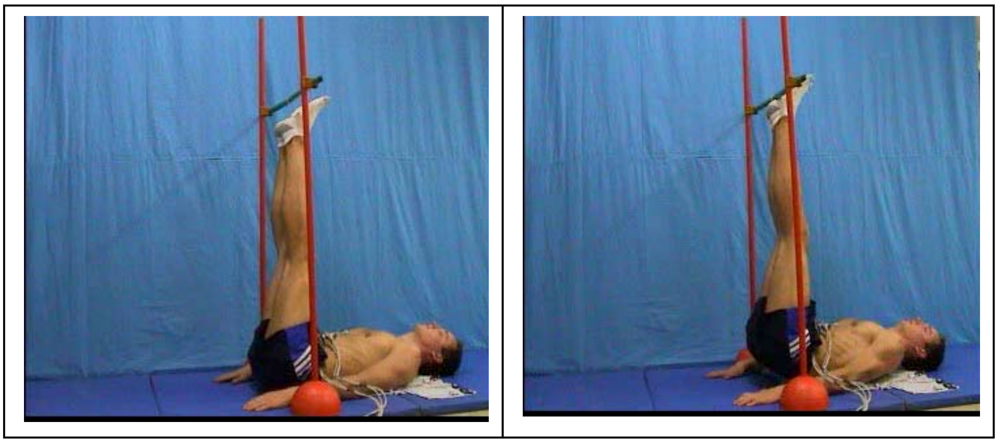


Abb. 5.10: Übung 5

6. Übung:

(bereits bestehende Fit-Karte)

Der Proband liegt in Rückenlage und hat beide Arme zur linken Körperseite gestreckt, wobei die Handinnenflächen Richtung Matte zeigen, die Hände sich in Verlängerung der Unterarme befinden und die Hände nicht verschränkt sind. Die Fersen sind in den Boden gedrückt und die Fußspitzen aufgerichtet. Der Kniewinkel beträgt 90°.

Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und die Arme werden seitlich nach vorne geschoben.

In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.11).

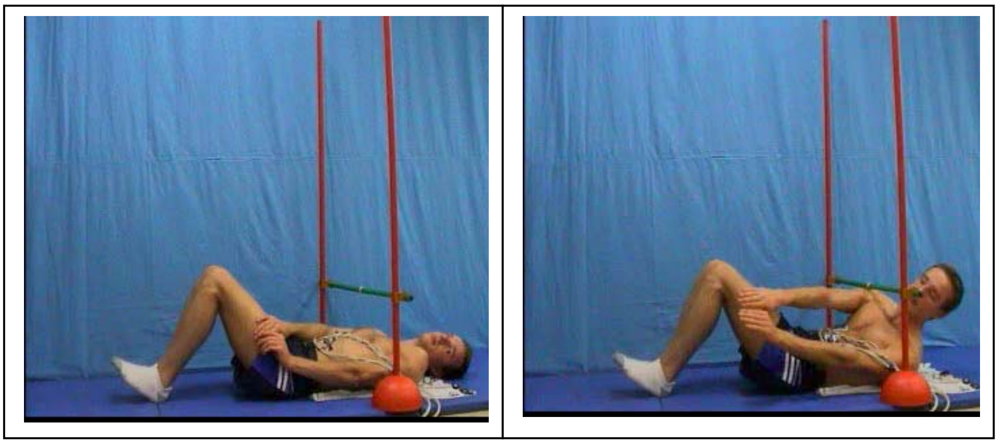


Abb. 5.11: Übung 6

7. Übung

Der Proband liegt in Rückenlage und hat seine Hände an den Schläfen, wobei die Ellenbogen nach außen zeigen. Knie- und Hüftwinkel betragen 90°. Die Unterschenkel befinden sich parallel zum Boden.

Der Oberkörper wird soweit aufgerichtet, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen (untere Schulterblattränder frei). Der Kopf wird dabei in Verlängerung der Wirbelsäule gehalten (Blick schräg zur Decke) und

der rechte Ellenbogen wird in Richtung linkes Knie geführt, wobei die Rotation aus dem Oberkörper kommt. Die Ellenbogen sollen in Verlängerung der Schulterachse gehalten werden.
In der Extensionsphase wird der Oberkörper soweit abgesenkt, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Die Spannung im Bereich des Bauches wird jedoch nicht aufgegeben, da der Kopf nicht abgelegt wird (vgl. Abb.: 5.12).

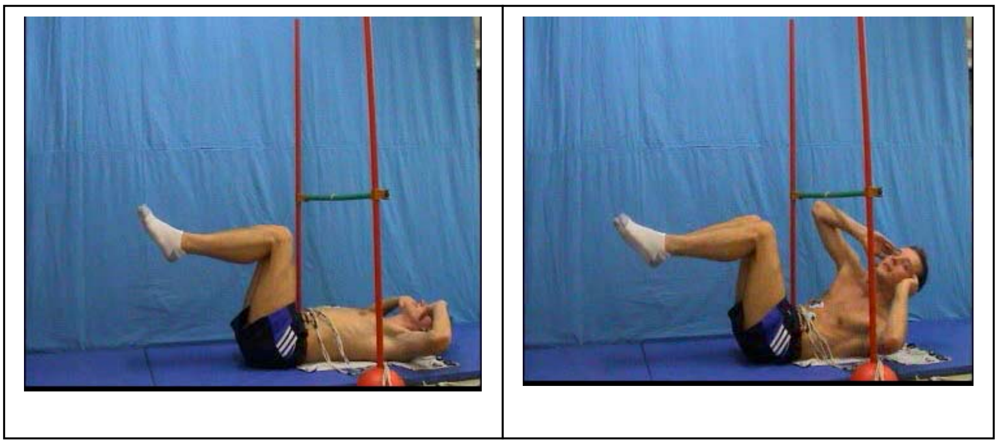


Abb. 5.12: Übung 7

8. Übung
Der Proband befindet sich in Seitlage, wobei seine rechte Körperseite in Mattennähe ist. In der Ausgangslage liegen Oberschenkel und Becken auf. Das Becken ist soweit anzuheben, dass Oberschenkel und Rumpf eine Gerade bilden.; Knie- und Oberarmrumpfwinkel betragen 90° (vgl. Abb. 5.13).

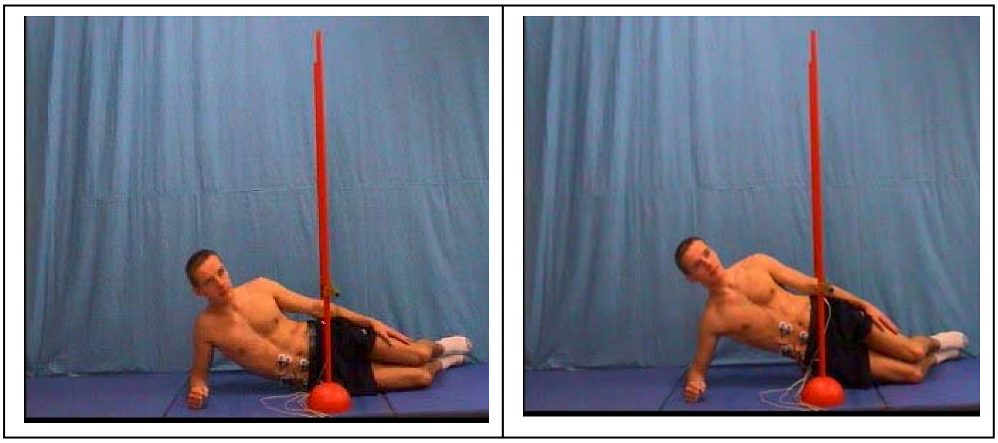


Abb. 5.13: Übung 8

5.7 Datenerfassung und –bearbeitung

Die erfassten, zunächst in Form des Roh-EMGs, dargestellten Daten wurden einiger Bearbeitungsschritte unterzogen, die nun vorgestellt werden.
Durch Gleichrichtung und Glättung wurden von allen 30 Probanden Hüllkurven, die so genannten Linear envelopes erstellt (vgl. 3.6.2), die für die weitere Auswertung herangezogen wurden.
Die in den MVC-Messungen erlangten Werte wurden zur Amplitudennormierung (vgl. 3.6.5) herangezogen. Darüber hinaus wurden die Bewegungszyklen zeitnormalisiert (vgl. 3.6.3), um die Daten der verschiedenen Probanden miteinander vergleichen zu können. Die bei diesem Prozess erhaltenen Ensemble Averages lieferten dann die Aktivitätsverläufe und Beanspruchungsprofile (beide MVC normalisiert) (vgl. Abb. 5.14).

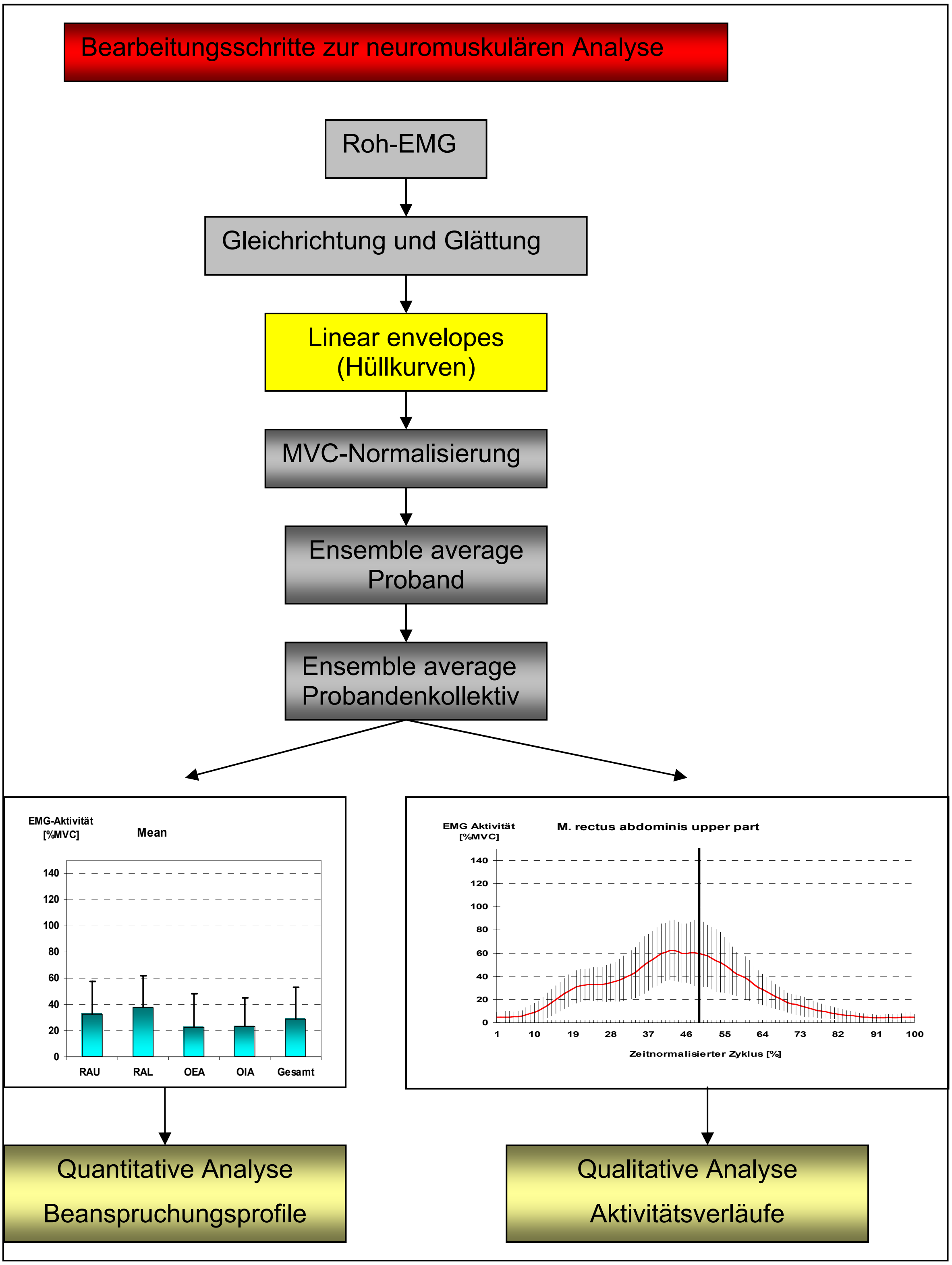


Abb. 5.14: Bearbeitungsschritte zur neuromuskulären Analyse der acht Bauchmuskelübungen

5.8 Auswertung

Die im Verlauf der Untersuchung erhaltenen und bestimmten Arbeitschritten unterzogenen Daten (vgl. 5.7) werden im folgenden Kapitel zunächst mit Hilfe der deskriptiven und danach mittels analytischer Statistik dargestellt.

Die quantitative Analyse der erhaltenen Daten erfolgte mittels Beanspruchungsprofilen. Diese dienten dazu, die Höhe der Beanspruchung der ausgewählten Muskeln bzw. ihrer Anteile festzustellen. Um eben diese neuromuskuläre Beanspruchungshöhe abschätzen zu können, wurden die Daten auf MVC-Referenzwerte normalisiert.

Bei der Auswertung werden für alle Bauchmuskelübungen mit Oberkörperflexion (sechs der acht Übungen) die Beanspruchungsprofile ausschließlich von der Flexionsphase erstellt, da in ihr die primäre muskuläre Beanspruchung stattfindet. Die Flexionsphase erstreckt sich von der Ausgangsstellung bis zum Umkehrpunkt der Bewegung (Position, an der beide Schulterblätter gerade keinen Bodenkontakt mehr haben). Die anschließende Extensionsphase (vom Umkehrpunkt bis zum Neubeginn der Übung) wird wegen mangelnder Auswertungsrelevanz graphisch nicht dargestellt.

Um weitere Aussagen treffen zu können, werden neben den Beanspruchungsprofilen Aktivitätsprofile erstellt. Diese erlauben eine zeitlich aufgelöste Analyse der Innervation der Bauchmuskeln bzw. ihrer Anteile für jede einzelne Übung.

Bei der Ergebnisdarstellung werden die Daten aus Aktivitätsverläufen und Beanspruchungsprofilen zusammen behandelt.

Alle acht EMG- und videogestützten Übungen sind unter den oben erläuterten Gesichtspunkten dargestellt. Für die Übungen 1-7 sind jeweils die Werte 15 weiblicher und 15 männlicher Probanden in den Datenpool eingegangen. Die Übungsergebnisse beziehen sich auf die gemittelten Werte aller Probanden (n=30). Da bei der achten Übung am ersten Messtag Messfehler auftraten, sind die Daten einer Probandin und dreier Probanden nicht in den Datenpool der Übung 8 eingeflossen.

6 Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse orientiert sich an den eingangs formulierten Leitfragen dieser Arbeit, die es mittels EMG- und videogestützter Analyse quantitativ und qualitativ zu beantworten gilt. Dabei wird in dieser Untersuchung der besseren Lesbarkeit wegen keine Unterscheidung in Muskelanteile und Muskeln gemacht. M. obliquus externus abdominis und obliquus internus abdominis werden im Folgenden auch als Bauchmuskelanteile bezeichnet. Wenn vom ‚Bauchmuskel in seiner Gesamtheit' oder dem ‚Gesamtbauchmuskel' gesprochen wird, ist damit der gemittelte Wert aus den in der folgenden Frage aufgeführten Muskelanteilen gemeint:

- Inwiefern beanspruchen die ausgewählten acht Übungen die Bauchmuskeln M. rectus abdominis upper und lower part, M. obliquus externus abdominis und M. obliquus internus abdominis in ihrer Gesamtheit?
- Wie ist die Belastung der vier Einzelkomponenten für sich genommen?

Zur Beantwortung dieser Fragen sollen durchschnittliche Beanspruchungsniveaus der Übungen mit Hilfe von videogestützten EMG-Aufnahmen ermittelt werden. Daraus werden für die einzelnen Muskeln bzw. Muskelanteile und den gesamten Bauchmuskel Ranglisten in Bezug auf deren Belastung erstellt.

Darüber hinaus sollen über das Probandenkollektiv gemittelte Aktivitätsverläufe zu jeder Übung für alle Muskelanteile erstellt werden.

Die Ergebnisdarstellung setzt sich aus sechs Teilen zusammen. Zunächst werden die Fragestellungen quantitativ über Beanspruchungsprofile und qualitativ mittels Aktivitätsverläufen in tabellarischer und graphischer Form dargestellt. Die Aktivitätsverläufe werden dabei über das Probandenkollektiv gemittelt (vgl. 5.8). Danach werden Übungsranglisten erstellt und ausgewertet. Des Weiteren wird das subjektive Belastungsempfinden bei den Übungen in Relation zu den gemessenen Werten gesetzt. Diese drei Ergebnisdarstellungen erfolgen in deskriptiver Form. Anschließend werden die aufgestellten Übungsranglisten mittels analytischer Statistik geprüft. Des Weiteren wird deskriptiv die Frage nach Unterschieden der Aktivitätsverläufe der acht Übungen behandelt. Den Abschluss dieses Kapitels bilden die in leicht modifizierter Form dargestellten ‚alten' sowie die neu erstellten Fit-Karten.

6.1 Deskriptive Statistik

Mit Hilfe der deskriptiven Statistik werden aus dem gewonnenen und schon einigen Arbeitsschritten unterzogenen (vgl. 5.7) Datenmaterial verschiedene Merkmale der Messung charakterisiert und übersichtlich dargestellt. Diese Darstellungen erfolgen sowohl in Form von Tabellen als auch als Graphen und Säulendiagramme. Durch Variablen werden die in den Messungen gewonnenen Ergebnisse beschrieben. In der vorliegenden Untersuchung stellen das arithmetische Mittel (Meanwert) und deren erste Standardabweichung die Variablen dar. Darüber hinaus wird der Peakwert mit seiner Standardabweichung erfasst.
Die Darstellung der neuromuskulären Analyse der acht EMG- und videogestützten Bauchmuskelübungen erfolgt getrennt für jede der untersuchten Übungen. Um einen Einblick in das Datenmaterial zu geben, werden pro Übung zunächst tabellarisch die Mittel- (Mean) und Spitzenwerte (Peak) sowie ihre ersten Standardabweichungen für jeden Bauchmuskelanteil und den gesamten Bauchmuskel angegeben. Die Werte für den Gesamtmuskel ergeben sich aus der Mittelung der vier Einzelkomponenten. Die Werte verstehen sich prozentual zum MVC-Wert und werden einzeln für die Extensions-, die Flexionsphase und für den gesamten Übungsverlauf angegeben. Die höchsten Mean- und Peakwerte sowie deren Standardabweichungen sind optisch hervorgehoben.
Daran schließt sich die Darstellung der Ergebnisse in Form von Beanspruchungsprofilen an. Bei Bauchmuskelübungen mit Oberkörperflexion (sechs der acht Übungen) stellt das Beanspruchungsprofil ausschließlich die Flexionsphase dar, da in ihr die primäre muskuläre Beanspruchung stattfindet (vgl. FLINT 1964, 233). Diese Phase erstreckt sich von der Ausgangsstellung bis zum Umkehrpunkt der Bewegung und wird

auf zwei Metronomtakte ausgeführt. Auf dem ersten Takt befindet sich der Oberkörper des Probanden im mittlerem Flexionswinkel. Auf dem zweiten Taktschlag ist die Position, an der sich beide Schulterblätter gerade vom Boden gelöst haben, erreicht. Die anschließende Extensionsphase (vom Umkehrpunkt bis zum Neubeginn der Übung) wird wegen mangelnder Auswertungsrelevanz graphisch nicht dargestellt. Für die Übungen 5 und 8 werden sowohl Flexions-, Extensionsphase als auch die Gesamtbetrachtung beider Phasen dargestellt. Für alle Übungen sind auf der linken Seite die Mean- und auf der rechten Seite die Peakwerte graphisch wiedergegeben worden. Der Meanwert beschreibt dabei pro abgeleiteten Bauchmuskelanteil den Mittelwert der neuromuskulären Aktivität aller Probanden. Der Peakwert gibt die höchsten Spannungs-spitzen an, die bei einer Übung unter Berücksichtigung aller Probanden erzielt wurden. Die eigentlichen Werte sind in Säulenform dargestellt, wobei Balken die Standardabweichung markieren. Auf der y-Achse sind die MVC-Werte abzulesen, auf der x-Achse die Muskelanteile.
Oberhalb der sich anschließenden Aktivitätsverläufe (vgl. Auswertung) ist zur besseren Orientierung pro Bewegungsphase je ein Bild der Übungsausführung abgebildet. Sie stellen eine Momentaufnahme des jeweiligen Phasenendes dar, wodurch das Bild der Extentionsphase mit der Ausgangsstellung identisch ist.
Der Kurvenverlauf der Aktivitätsverläufe ist rot dargestellt. Bei 100% des zeitnormalisierten Zyklus' wird der Kurvenverlauf automatisch auf 0% MVC gesetzt. Die Standardabweichungen sind in Form von schwarzen, vertikalen Linien wiedergegeben. Die dicke, schwarze, vertikal verlaufende Linie, meist in der Mitte liegend, stellt den Umkehrpunkt von der Flexions- in die Extensionsphase dar. Auf der y-Achse ist die EMG-Aktivität in % MVC und auf der x-Achse die Zeit der Übungsdauer ebenfalls in Prozent angegeben (Gesamtübungsdauer entspricht 100% des Zyklus'). Auch hier beziehen sich die dargestellten Ergebnisse wieder auf das gemittelte Probandenkollektiv (n=30).
Im Anschluss an die graphische Darstellung folgt die quantitative zusammen mit qualitativen Auswertung, die für jede Übung getrennt durchgeführt wird.

Wegen der besseren Übersichtlichkeit werden bei Bezug auf die Mean- und Peakwerte im Text nur ganzzahlige, gerundete Werte angegeben.

6.1.1 Übung 1

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	32,30	15,70	21,26	10,82	26,67	13,21	62,60	25,46	59,99	**28,90**	62,60	25,46
RAL	**37,56**	**21,41**	**27,12**	**14,17**	**32,24**	**17,72**	**72,85**	24,43	**72,94**	26,00	**72,94**	**26,00**
OEA	22,69	14,96	19,91	9,20	21,27	14,57	57,19	**25,62**	57,65	24,49	57,65	24,49
OIA	23,37	14,42	18,01	9,02	20,63	11,67	52,39	21,89	52,45	21,00	52,45	21,00
Gesamt	28,98	16,62	21,56	10,80	25,20	13,66	61,26	24,35	60,76	25,09	61,41	24,24

Tab. 6.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 1

Die Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile, sind sehr ähnlich. Der Umkehrpunkt von der Flexions- zur Extensionsphase liegt bei 49% des zeitnormalisierten Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven des M. rectus abdominis upper und lower part sind nahezu identisch, wobei letzterer ein um gut 10% höheres Niveau aufweist. Beide haben eine Anfangsinnervation von unter 10% und erreichen nach einer ansteigenden Phase ein erstes Aktivitätsplateau zwischen 19% und 31% des Zyklus', welches eine leicht aufsteigende Innervationstendenz aufweist. Zu Beginn des ersten Plateaus ist der obere Anteil des geraden Bauchmuskels mit 30% MVC, der untere mit fast 40% MVC innerviert. In dieser Phase befindet sich der Oberkörper des Probanden auf dem ersten Metronomtakt mit mittlerem Flexionswinkel.

Daraufhin steigen beide Aktivitätsverläufe weiter an, bis sie bei 41% des Zyklus' mit Beginn der zweiten Plateauphase ihr Maximum mit 63% MVC

(RAU) und mit 73% MVC (RAL) erreichen. Das Niveau beider Muskeln wird annähernd bis zum Umkehrpunkt gehalten.
Danach fallen die Kurven in ihrem Verlauf ab und nähern sich ab 73% des zeitnormalisierten Zyklus' der x-Achse asymptotisch an. Während der Abfall beim M. rectus abdominis upper part direkt nach dem Umkehrpunkt einsetzt, ist das Plateau beim M. rectus abdominis lower part noch 2% des zeitnormalisieten Zyklus' darüber hinaus bestehend. Die Innervationswerte am Übungsende decken sich mit denen am Anfang.
Über den gesamten Übungsverlauf weist der M. rectus abdominis upper part durchschnittliche Werte von 27% MVC, der M. rectus abdominis lower part Werte von 32% MVC auf. Unter Berücksichtigung relativ großer Standardabweichungen dieser beiden Muskelanteile (13% und 18%) kann eine Innervation auf ähnlich hohem Niveau festgestellt werden.
Die Aktivitätsverläufe und die Beanspruchungsprofile der schrägen Bauchmuskeln sind ebenfalls fast identisch.
Die Aktivitätsverläufe haben ihre Ausgangspunkte bei Werten von 5% bzw. 6% MVC und steigen bis 19% des Zyklus' kontinuierlich an. Im Zeitraum von 19-31% der Zeit, haben beide schrägen Bauchmuskeln sowie auch schon die geraden Bauchmuskeln ein erstes Plateau mit aufsteigender Tendenz, erreichen jedoch deutlich geringere Werte (zu Plateaubeginn OEA mit 15% MVC und OIA mit 18% MVC). Einer zweiten, diesmal steiler ansteigenden Phase schließt sich eine von 44% bis 52% des zeitnormalisierten Zyklus' dauernde zweite Plateauphase an, die somit von der Flexions- in die Extensionphase hinüberreicht. Beide Muskeln erreichen ihr Maximum mit 58% MVC (OEA) bzw. 52% MVC (OIA) zu Beginn dieser Plateauphase und halten dieses annähernd bis zum Phasenende bei. Nach der Plateauphase fallen die Aktivitätsverläufe beider Muskeln bis zu 70% des Zyklus' stark ab und nähern sich dann asymptotisch bis zum Ausgangsinnervationsniveau an die x-Achse an.
Die durchschnittlichen MVC-Werte der Beanspruchungsprofile des M. obliquus externus abdominis und des M. obliquus internus abdominis liegen bei 21%.
Im Vergleich der geraden mit den schrägen abgeleiteten Bauchmuskeln lässt sich bei den schrägen Bauchmuskeln eine Rechtsverschiebung der

zweiten Plateauphase, die das jeweilige Maximum einschließt, feststellen. Des Weiteren ist die Innervation der schrägen Bauchmuskeln deutlich geringer als die der geraden.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 25% MVC, der Spitzenwert bei 61% MVC.
Zusammenfassend betrachtet, sind die Tendenzen der Mean- und Peakwerte annähernd gleich, wobei die Spitzenwerte zweifach so hohe Werte wie die Durchschnittwerte aufzeigen. Eine Ausnahme bildet der M. obliquus externus abdominis, bei dem der Peakwert 2,5-fach so groß ist wie der Meanwert.

Beanspruchungsprofile der Übung 1

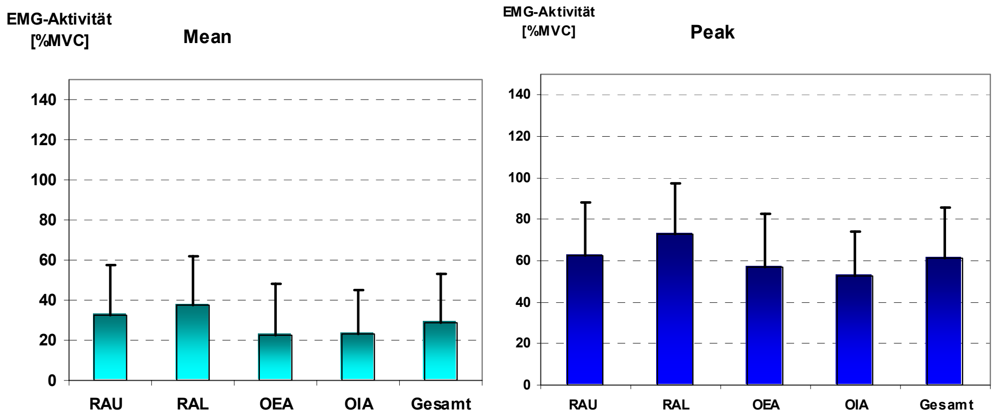
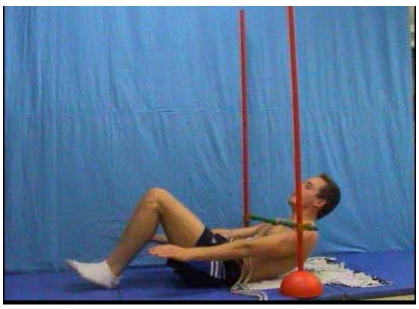
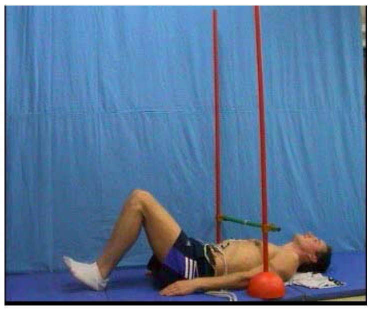


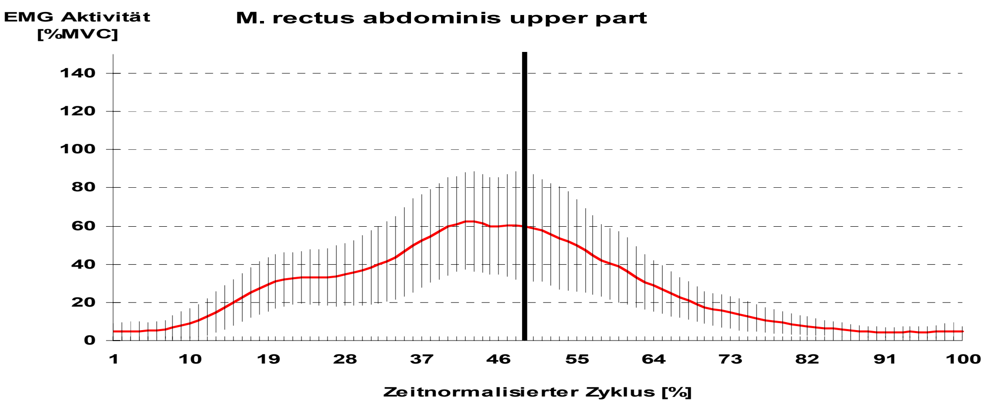
Abb. 6.1: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 1

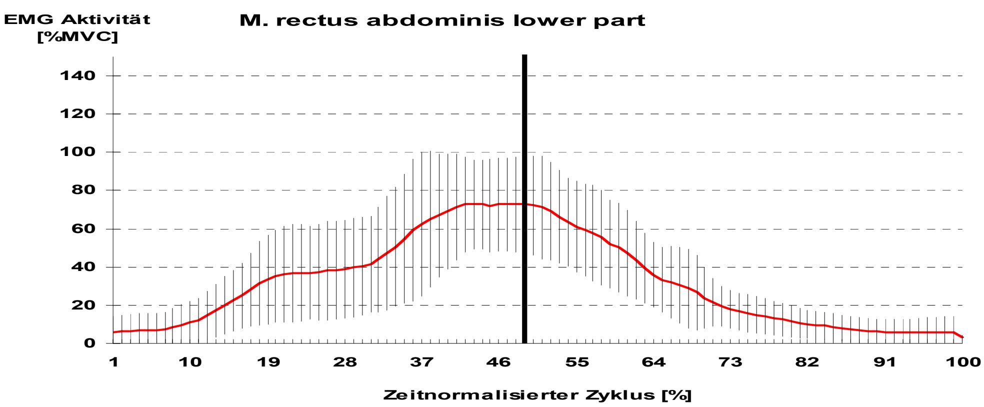
Flexionsphase



Extensionsphase







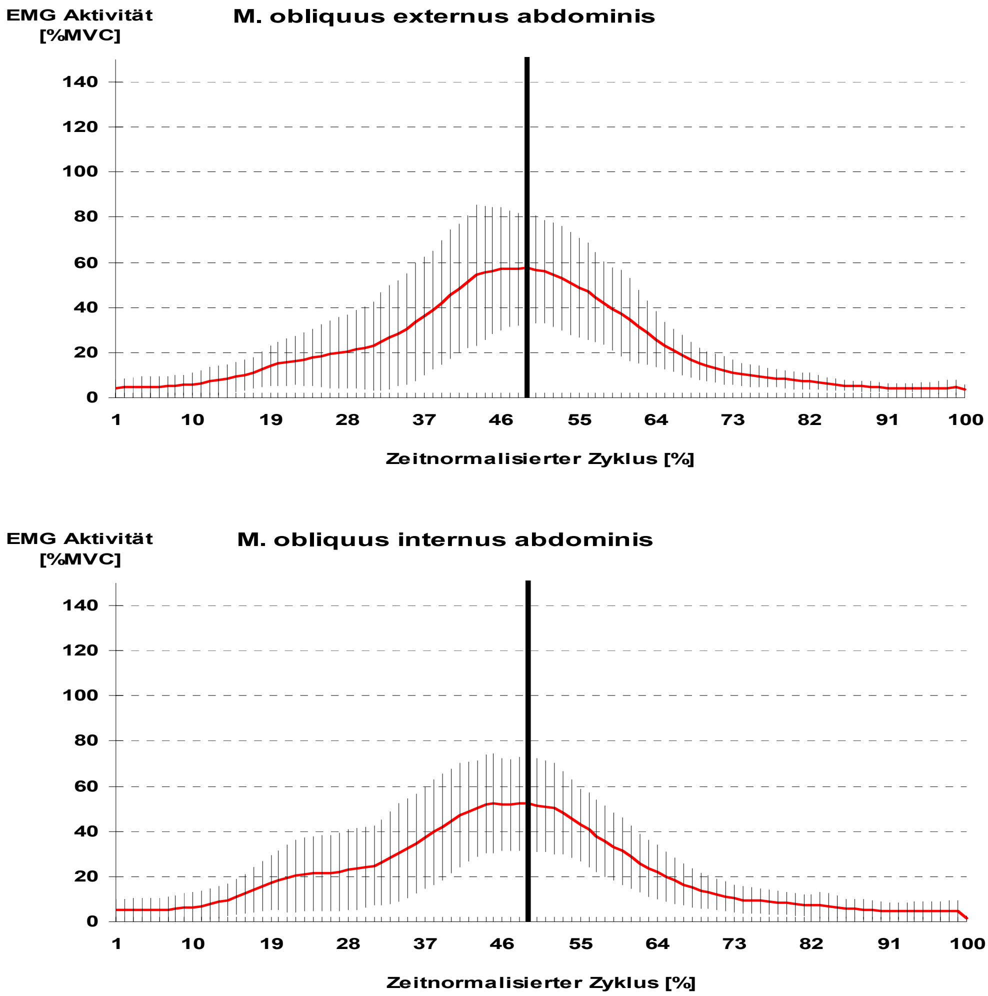


Abb. 6.2: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 1

6.1.2 Übung 2

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	42,77	23,35	28,24	15,01	35,36	19,10	66,90	32,87	61,06	**31,50**	66,90	32,87
RAL	**53,72**	**29,49**	41,73	**18,70**	**47,61**	**23,99**	**89,52**	**34,76**	**83,12**	31,28	**89,52**	**34,76**
OEA	34,97	22,09	**32,02**	16,49	33,47	19,23	60,33	25,77	56,45	23,24	60,33	25,77
OIA	35,83	17,54	28,83	11,35	32,26	14,38	62,58	21,20	61,24	20,97	62,58	21,20
Gesamt	41,82	23,12	32,71	15,38	37,18	19,18	69,83	28,65	65,47	26,75	69,83	28,65

Tab. 6.2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 2

Die Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile sind sehr ähnlich. Der Umkehrpunkt von der Flexions- zur Extensionsphase liegt bei 49% des Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven des M. rectus abdominis upper und lower part ähneln sich, wobei letzterer ein um gut 12% höheres Niveau aufweist.

Während der obere Teil des geraden Bauchmuskels mit 11% MVC zu Beginn innerviert wird, liegt das Niveau beim unteren Teil des geraden Bauchmuskels schon bei 19% MVC von Übungsbeginn an. Während der M. rectus abdominis upper part bei 21% ein relatives Maximum zeigt, hat der M. rectus abdominis lower part beginnend bei 19% des Zyklus' ein erstes Aktivitätsplateau. Dies weist eine leicht ansteigende Innervationstendenz bis 31% des Zyklus' auf. Das relative Maximum liegt bei 51% MVC für den RAU und 58% MVC für den RAL.

Nach steilem Kurvenanstieg folgt bei beiden Muskelanteilen, beginnend bei 39% der Zeit und mit dem Umkehrpunkt endend, das zweite Aktivitätsplateau, das leicht abfallend ist. In diesem liegen die absoluten Maxima des unteren Anteils des geraden Bauchmuskels mit 90% MVC und des oberen Anteils des geraden Bauchmuskels mit 67% MVC. Nach der zweiten Plateauphase fallen beide Kurven bis 74% der Zeit rapide ab und nähern sich dann asymptotisch der x-Achse bis zum Erreichen des Ausgangsinnervationswertes an.

Die Aktivitätsverläufe und die Beanspruchungsprofile der schrägen Bauchmuskeln lassen ebenfalls Ähnlichkeiten erkennen.

Die Aktivitätsverläufe haben ihre Ausgangspunkte bei Werten von 20% MVC (OEA) und 17% MVC (OIA). Der äußere gerade Bauchmuskel hat eine lange, zunächst flach ansteigende Phase bis zu 32% der Zeit. Danach nimmt die Steigung zu und erreicht kurz vor dem Umkehrpunkt bei 46% des Zyklus' mit 60% MVC ihr Maximum. Anschließend ist ein steiler Kurvenabfall bis 68% der Zeit zu verzeichnen. Von diesem Punkt an nähern sich die Werte asymptotisch der x-Achse bis zum Erreichen des Ausgangsinnervationsniveaus an.

Der innere schräge Bauchmuskel hat nach einem kurzen Innervationsanstieg bis 16% das erste Aktivitätsplateau mit aufsteigender Tendenz erreicht, das sich bis 32% der Zeit erstreckt und ein lokales Maximum mit 38% MVC einschließt. Nach einer zweiten, diesmal steiler ansteigenden Phase folgt eine von 39% bis 55% des zeitnormalisierten Zyklus' dauernde zweite Plateauphase, die somit von der Flexions- in die Extensionsphase hinüberreicht. Das Maximum zeigt eine Innervation von 63% MVC auf. Nach der Plateauphase fällt der Aktivitätsverlauf, so wie schon beim äußeren schrägen Anteil, bis 68% der Zeit stark ab, um sich dann asymptotisch bis zum Ausgangsinnervationsniveau an die x-Achse anzunähern.

Die durchschnittlichen MVC-Werte der Beanspruchungsprofile des M. obliquus externus abdominis liegen bei 34% MVC, die des M. obliquus internus abdominis bei 32% MVC. Unter Berücksichtigung relativ großer Standardabweichungen dieser beiden Muskelanteile von 19% (OEA) und 14% (OIA) kann eine Innervation auf ähnlich hohem Niveau festgestellt werden.

Die Innervation der schrägen Bauchmuskeln und des oberen Anteils des geraden Bauchmuskels ist deutlich geringer als die des unteren Anteils des

geraden Bauchmuskels. Dies zeigt sich sowohl bei den Mean- als auch den Peakwerten.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 37% MVC, der Spitzenwert bei 70% MVC.

Beanspruchungsprofile der Übung 2

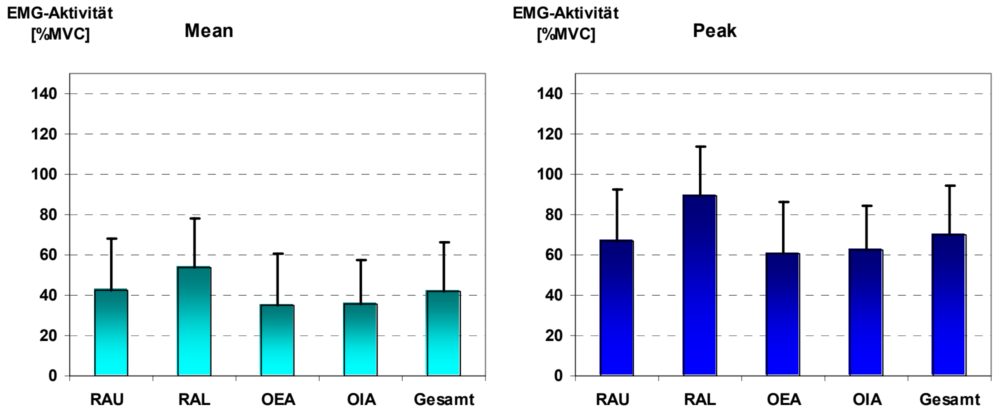
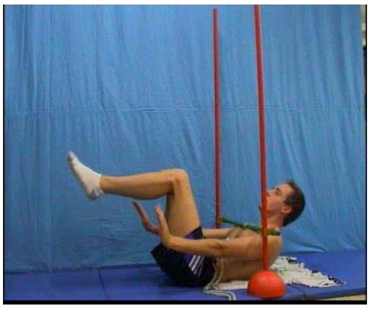
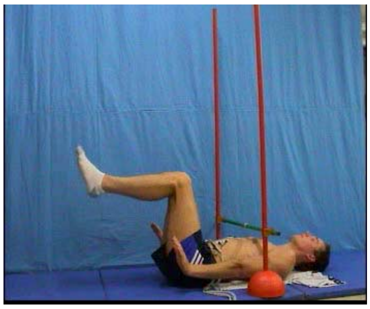


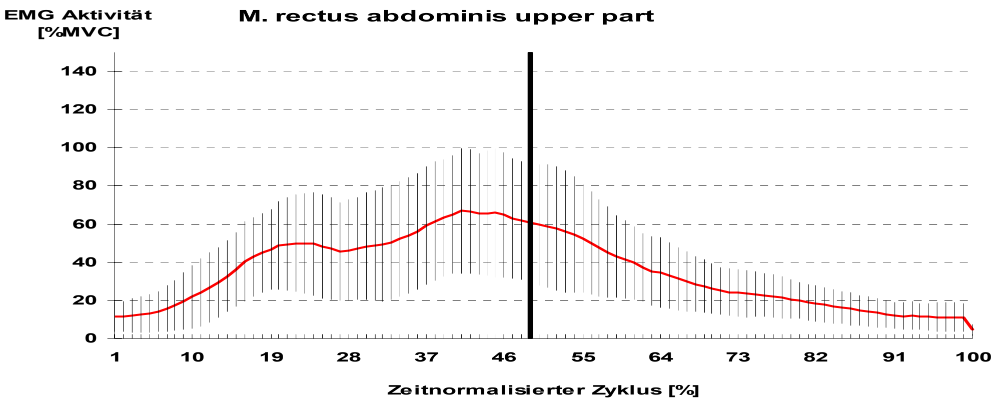
Abb. 6.3: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 2

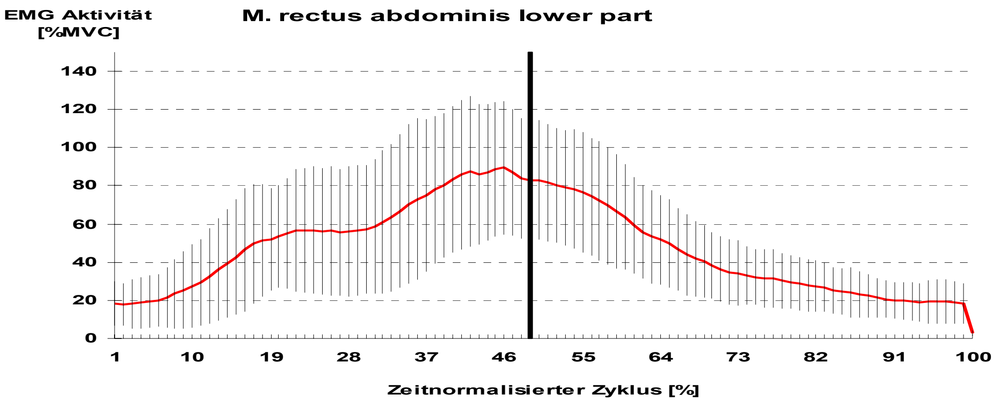
Flexionsphase

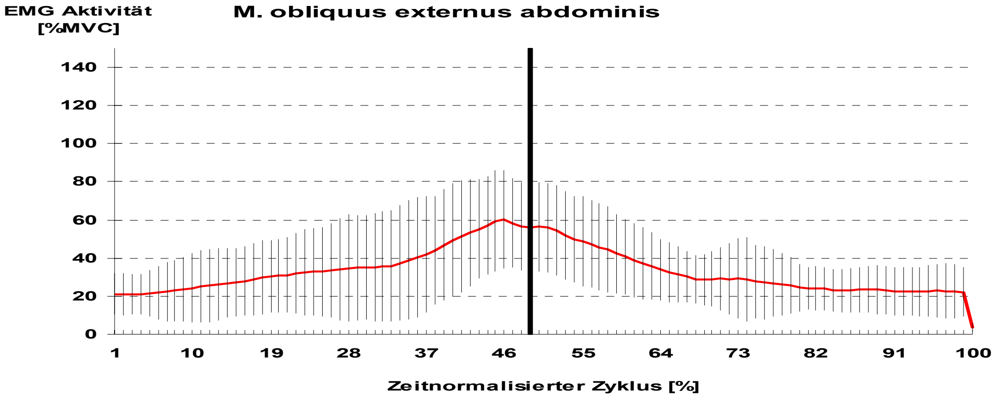


Extensionsphase









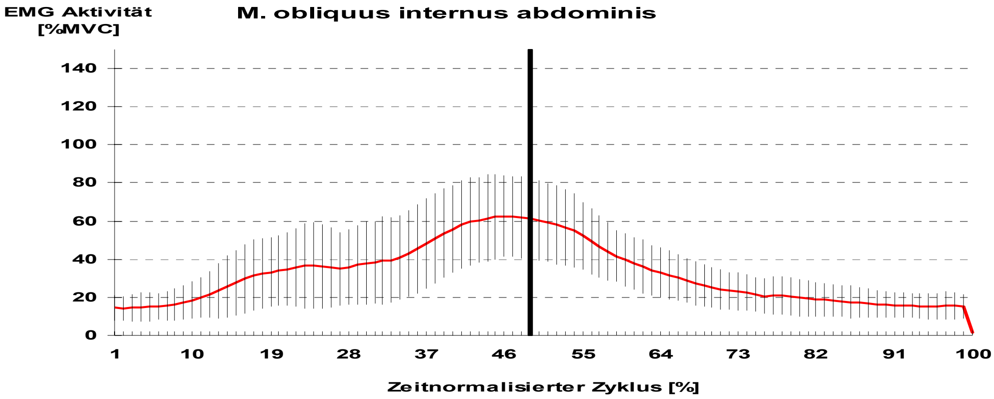


Abb. 6.4: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 2

6.1.3 Übung 3

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	55,41	25,34	36,72	16,72	45,69	20,86	81,63	32,28	73,64	**35,64**	81,63	32,28
RAL	**63,23**	**27,62**	**46,39**	**17,64**	**54,47**	**22,43**	**100,18**	**41,43**	**97,80**	34,15	**100,18**	**41,43**
OEA	33,54	17,56	30,55	13,29	31,99	15,34	63,83	24,76	63,59	25,12	63,83	24,76
OIA	43,99	22,56	34,62	14,29	39,12	18,26	80,54	27,90	79,90	26,65	80,54	27,90
Gesamt	49,04	23,27	37,07	15,49	42,82	19,22	81,55	31,59	78,73	30,39	81,55	31,59

Tab. 6.3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 3

Die Aktivitätsverläufe der zwei geraden Bauchmuskelanteile sind sehr ähnlich. Dies trifft auch für den Vergleich der zwei schrägen Bauchmuskeln untereinander zu. Der Umkehrpunkt liegt bei allen Muskelanteilen bei 48% des zeitnormalisierten Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven der Mm. rectus abdomines upper und lower part sind nahezu identisch, wobei letzterer ein Niveau aufweist, dass im Durchschnitt um 8% MVC höherer ist. Daher zeigt der untere Anteil des geraden Bauchmuskels auch eine etwas höhere Anfangsinnervation (20% MVC) als der obere (16% MVC). Beide erreichen ein erstes Aktivitätsplateau zwischen 19% und 33% des Zyklus' mit relativen Maxima von 65% MVC (RAU) und 70% MVC (RUL).

Daraufhin steigen beide Aktivitätsverläufe steil an. M. rectus abdominis upper part erreicht bei 40% der Zeit mit 82% MVC sein absolutes Maximum. Der M. rectus abdominis lower part hat beginnend bei 39% des Zyklus' eine zweite Plateauphase, die das Maximum mit 100% MVC beinhaltet und bis zum Umkehrpunkt (48% Zeit) reicht. Nach dem absoluten Maximum des oberen geraden Bauchmuskels (noch in der Flexionsphase liegend) bzw. nach der zweiten Plateauphase des unteren

geraden Bauchmuskels (Übergang zur Extensionsphase) fallen die Kurven beider Muskeln in ihrem Verlauf ab und nähern sich ab 87% des zeitnormalisierten Zyklus' der x-Achse asymptotisch an. Die Innervationswerte am Übungsende decken sich mit denen am Anfang.
Über den gesamten Übungsverlauf weist der M. rectus abdominis upper part durchschnittliche Werte von 46% MVC, der M. rectus abdominis lower part Werte von 54% MVC auf. Infolge nahezu gleicher Standardabweichungen dieser beiden Muskelanteile (21% MVC und 22% MVC) kann von einer höheren Innervation des M. rectus abdominis lower part gesprochen werden, welches noch durch die deutlich höheren Peakwerte (82% MVC und 100% MVC) unterstützt wird.
Die sehr ähnlich verlaufenden Aktivitätsverläufe der schrägen Bauchmuskulatur haben ihre Ausgangspunkte bei Werten von 20% MVC für den M. obliquus externus abdominis und 16% MVC für den M. obliquus internus abdominis, die sich mit denen der geraden Bauchmuskeln decken. Beide Muskeln steigen bis zur ersten von 22% bis 31% der Zeit sich erstreckenden und leicht ansteigenden Plateauphase an. Dabei erfolgt beim inneren schrägen Bauchmuskel ein steilerer Anstieg (Plateaubeginn mit 45% MVC) als beim äußeren (Plateaubeginn mit 30% MVC) und erreicht letztlich ein höheres Maximum. Nach einer zweiten, diesmal steiler ansteigenden Phase schließt sich eine von 41% bis 51% des zeitnormalisierten Zyklus' dauernde zweite leicht glockenförmige Plateauphase an, die somit von der Flexions- in die Extensionphase hinüberreicht. Während OIA sein Maximum fast zu Phasenbeginn mit 81% MVC hat, erreicht es OEA im Umkehrpunkt mit 64% MVC. Nach der Plateauphase fallen die Aktivitätsverläufe beider Muskeln rapide bis zu 70% des Zyklus' ab und nähern sich dann asymptotisch bis zum Wiedererreichen des Ausgangsinnervationsniveaus an die x-Achse an.
Die durchschnittlichen MVC-Werte der Beanspruchungsprofile des M. obliquus externus abdominis und des M. obliquus internus abdominis liegen bei 32% MVC und 39% MVC.
Im Vergleich der geraden mit den schrägen abgeleiteten Bauchmuskeln lässt sich, wie schon in Übung 1, bei den schrägen Bauchmuskeln eine leichte Rechtsverschiebung der zweiten Plateauphase feststellen. Des

Weiteren ist die Innervation der schrägen Bauchmuskeln deutlich geringer als die der Geraden.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 43% MVC. Die Spitzenwerte des M. rectus abdominis lower part (100% MVC), des M. rectus abdominis upper part (82% MVC) und des M. obliquus internus abdominis (81% MVC) sind sehr hoch.
Zusammenfassend betrachtet sind die Tendenzen der Mean- und Peakwerte annähernd gleich, wobei die Spitzenwerte der geraden Bauchmuskulatur etwa 1,8 fach so hohe Werte wie die Durchschnittwerte aufzeigen und die schrägen Bauchmuskeln etwa doppelt so hohe.
Der M. rectus abdominis upper part weist eine Besonderheit auf, da er im Vergleich zu den anderen Muskelanteilen keine zweite Plateauphase zeigt.

Beanspruchungsprofile der Übung 3

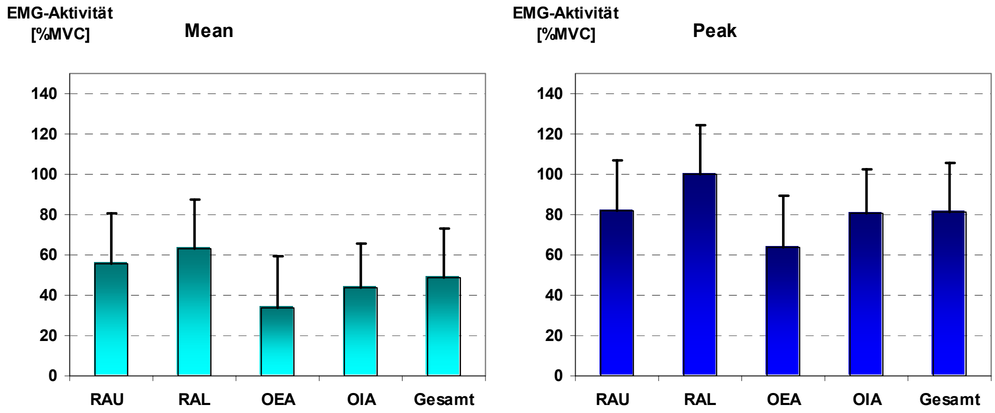
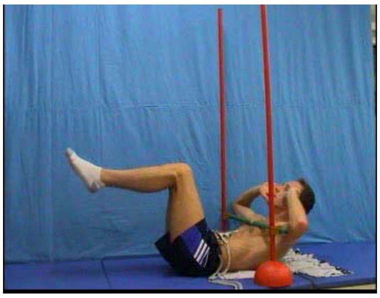
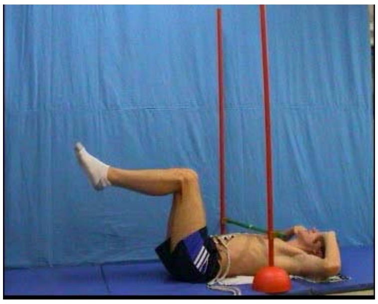


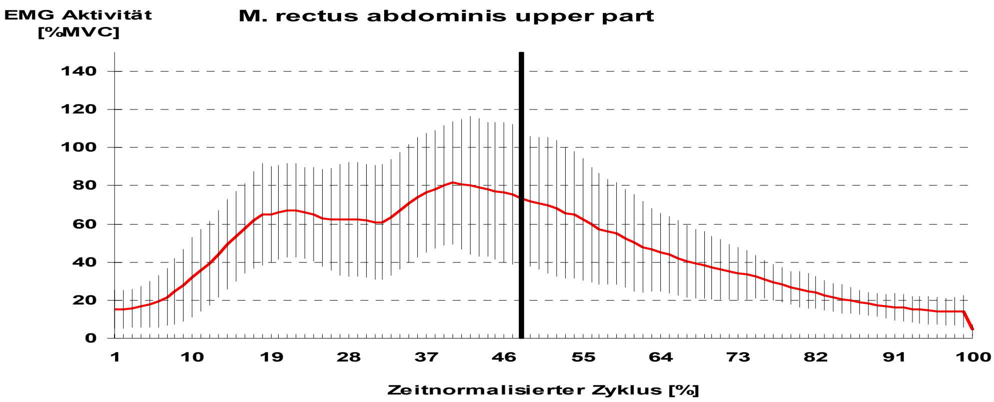
Abb. 6.5: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 3

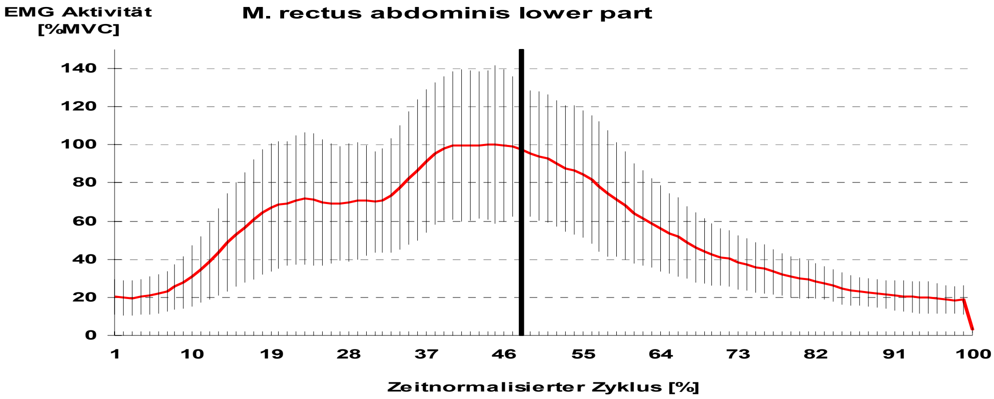
Flexionsphase

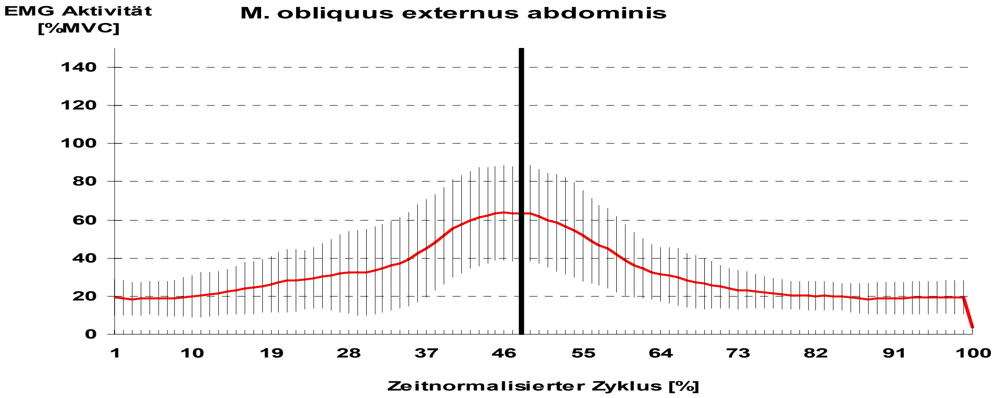


Extensionsphase









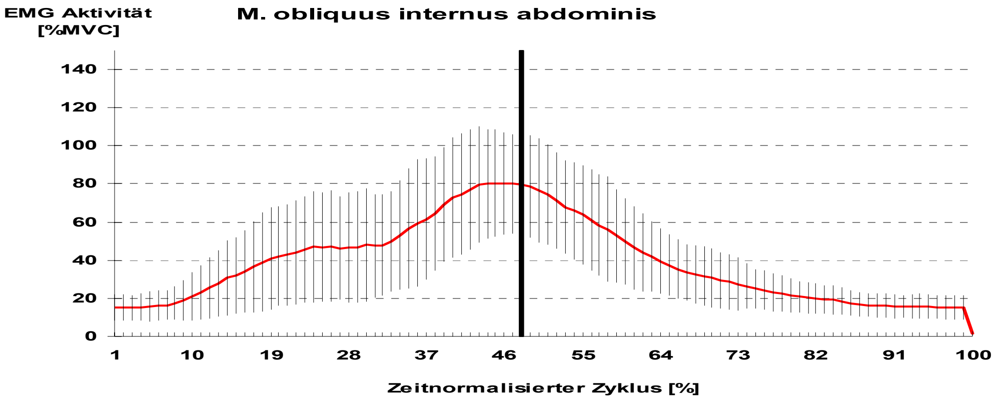


Abb. 6.6: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 3

6.1.4 Übung 4

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	46,48	22,70	29,70	**15,82**	37,76	19,12	79,58	**32,78**	71,60	**32,16**	79,58	**32,78**
RAL	**47,18**	**24,40**	**32,66**	15,76	**39,63**	**19,91**	**87,28**	31,06	**83,76**	31,46	**87,28**	31,06
OEA	22,60	12,05	20,17	10,18	21,33	11,08	56,94	25,18	57,93	23,83	57,93	23,83
OIA	28,55	16,50	21,19	11,46	24,72	13,88	63,22	27,97	62,22	27,17	63,22	27,97
Gesamt	36,20	18,91	25,93	13,31	30,86	16,00	71,76	29,25	68,80	28,66	72,00	28,91

Tab. 6.4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 4

Die Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile, sind sehr ähnlich. Der Umkehrpunkt von der Flexions- zur Extensionsphase liegt bei 48% des zeitnormalisierten Zyklus’. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven des M. rectus abdominis upper und lower part sind sehr ähnlich. M. rectus abdominis upper part hat jedoch nur eine Plateauphase. Beide haben eine Anfangsinnervation von unter 10% MVC und erreichen nach einer ansteigenden Phase ein erstes Aktivitätsplateau zwischen 19% und 31% des Zyklus’, welches eine sehr gering aufsteigende Innervationstendenz aufweist. Während dieser Plateauphase ist der obere Anteil des geraden Bauchmuskels mit durchschnittlich 52% MVC, der untere mit durchschnittlich 45% MVC innerviert. Daraufhin steigen beide Aktivitätsverläufe weiter an. M. rectus abdominis upper part erreicht bei 41% der Zeit mit 80% sein absolutes Maximum und fällt danach kontinuierlich ab. Der M. rectus abdominis lower part hat beginnend bei 41% des Zyklus’ eine zweite Plateauphase, die das Maximum mit 87% MVC beinhaltet und bis zum Umkehrpunkt (48% Zeit) reicht. Nach den noch in der Flexionsphase liegenden Maxima der beiden Bauchmuskelanteile fallen die Kurven beider Muskeln in ihrem Verlauf ab und nähern sich ab 71% des zeitnormalisierten Zyklus' der x-Achse asymptotisch an. Die Innervationswerte am Übungsende decken sich mit denen am Anfang.

Über den gesamten Übungsverlauf weist der M. rectus abdominis upper part durchschnittliche Werte von 38% MVC, der M. rectus abdominis lower part Werte von 40% auf. Unter Berücksichtigung relativ großer Standardabweichungen dieser beiden Muskelanteile (20% und 19%) kann eine Innervation auf ähnlich hohem Niveau festgestellt werden. Betrachtet man die Peakwerte dieser Muskelanteile, so weist der untere Anteile des geraden Bauchmuskels mit 87% MVC jedoch erkennbar höhere Werte als der untere Bauchmuskelanteil mit 80% MVC auf.

Die Aktivitätsverläufe und die Beanspruchungsprofile der schrägen Bauchmuskeln sind ebenfalls fast identisch

Die Aktivitätsverläufe haben ihre Ausgangspunkte bei Werten von 5% MVC und steigen bis 17% des Zyklus' kontinuierlich an. Im Zeitraum von 17% bis 31% der Zeit haben beide schrägen Bauchmuskeln, sowie auch schon die geraden Bauchmuskeln, ein erstes Plateau mit aufsteigender Tendenz, erreichen jedoch deutlich geringere Werte (zu Plateaubeginn OEA mit 18% MVC und OIA mit 21% MVC). Einer zweiten, diesmal steiler ansteigenden Phase, schließt sich eine von 43% bis 51% des zeitnormalisierten Zyklus' dauernde zweite Plateauphase an, die somit von der Flexions- in die Extensionsphase hinüberreicht. Beide Muskeln erreichen ihr Maximum mit 57% MVC (OEA) bzw. 64% MVC (OIA) im bzw. kurz vor dem Umkehrpunkt. Nach der Plateauphase fallen die Aktivitätsverläufe beider Muskeln bis zu 66% des Zyklus' stark ab und nähern sich dann asymptotisch bis zum Ausgangsinnervationsniveau an die x-Achse an.

Die durchschnittlichen MVC-Werte der Beanspruchungsprofile des M. obliquus externus abdominis liegen bei 21%, die des M. obliquus internus abdominis bei 25%.

Im Vergleich der geraden mit den schrägen abgeleiteten Bauchmuskeln lässt sich bei den schrägen Bauchmuskeln eine Rechtsverschiebung der zweiten Plateauphase feststellen. Des Weiteren ist die Innervation der schrägen Bauchmuskeln deutlich geringer als die der geraden.

Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 31% MVC, der Spitzenwert bei 72% MVC.
Zusammenfassend betrachtet sind die Tendenzen der Mean- und Peakwerte annähernd gleich.
Der M. rectus abdominis upper part weist eine Besonderheit auf, da er im Vergleich zu den anderen Muskelanteilen keine zweite Plateauphase aufweist.

Beanspruchungsprofile der Übung 4

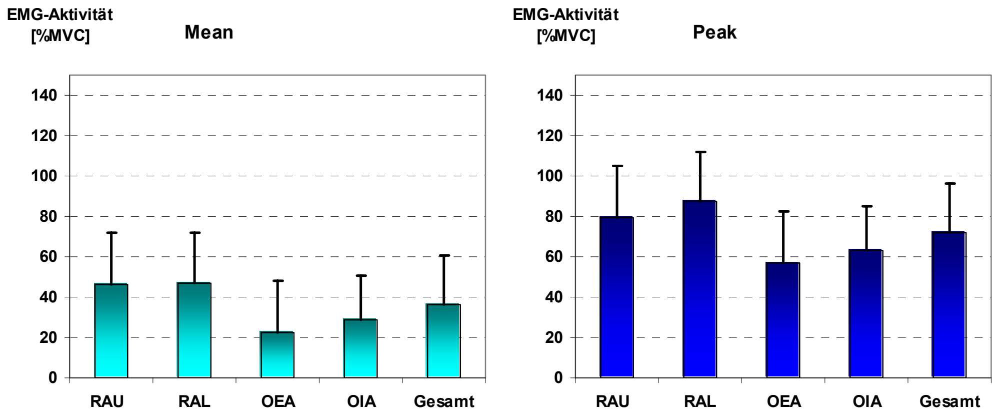
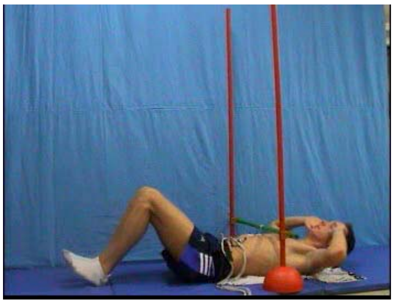
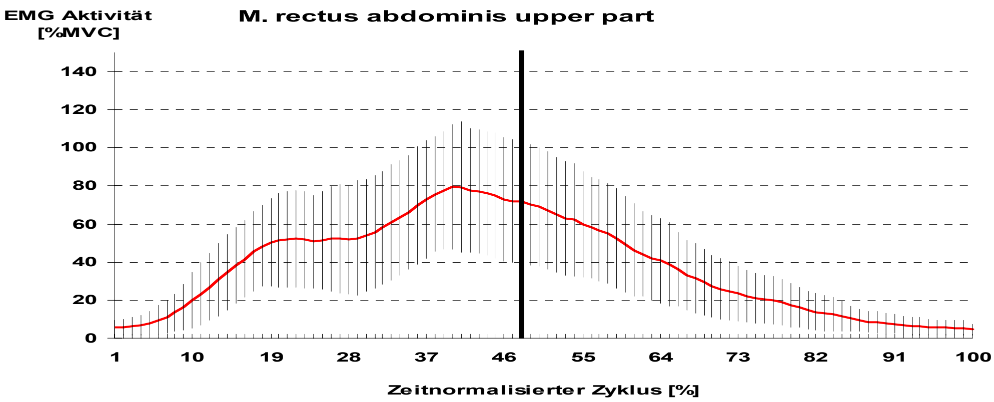


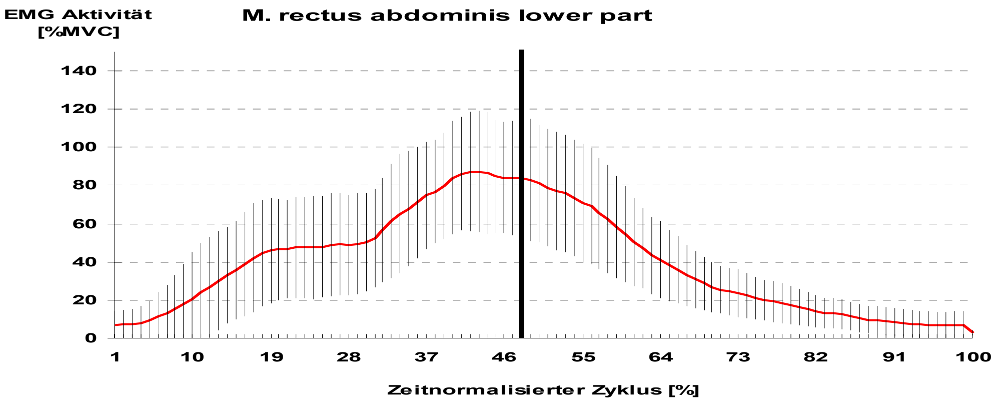
Abb. 6.7: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 4

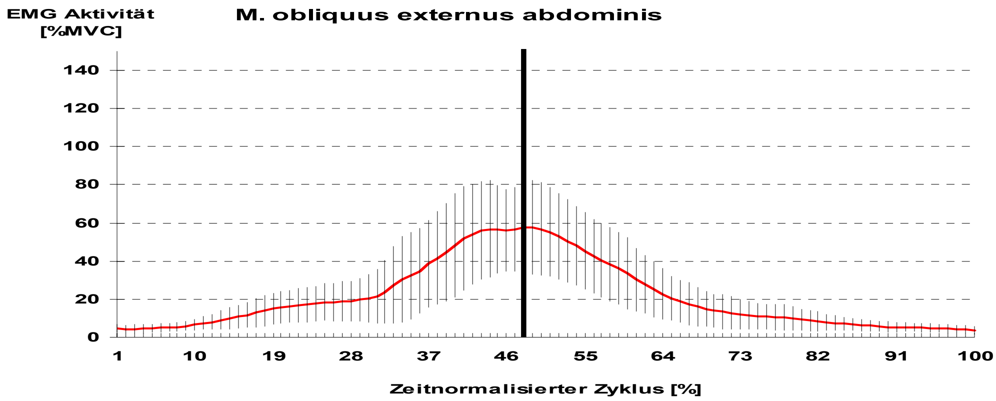
Flexionsphase

Extensionsphase









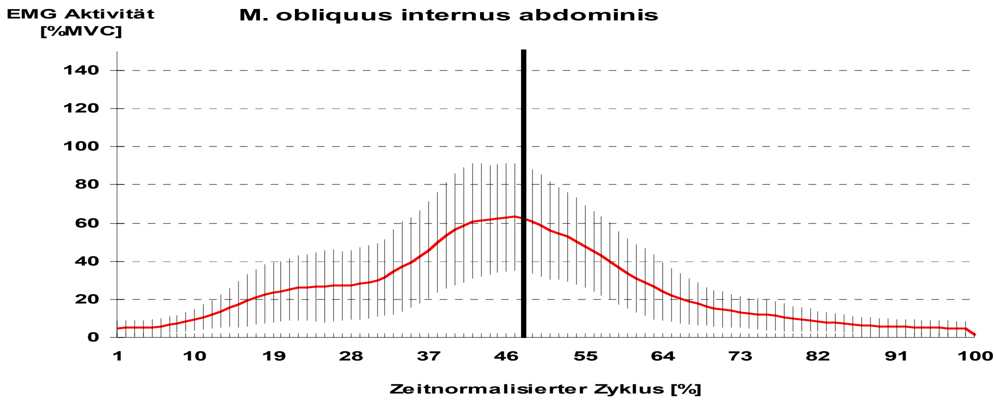


Abb. 6.8: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 4

6.1.5 Übung 5

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	45,99	20,50	44,59	21,18	45,29	20,84	67,74	26,78	66,63	27,72	67,74	26,78
RAL	70,28	32,71	67,00	36,83	68,64	34,77	93,55	33,07	90,77	37,67	93,55	33,07
OEA	**79,86**	**38,32**	**77,99**	**39,41**	**78,93**	**38,86**	**102,91**	**45,49**	**99,32**	**43,57**	**102,91**	**45,49**
OIA	58,54	22,78	58,24	32,35	58,39	27,56	82,88	25,67	80,52	28,60	82,88	25,67
Gesamt	63,67	28,58	61,96	32,44	62,81	30,51	86,77	32,75	84,31	34,39	86,77	32,75

Tab. 6.5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 5

Die Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile sind sehr ähnlich, unterscheiden sich aber stark von denen der anderen untersuchten Übungen. Der Umkehrpunkt von der Flexions- zur Extensionsphase liegt bei 50% des zeitnormalisierten Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend. Auf Grund der Übungsausführung sind auch keine zwei Plateauphasen wie bei den anderen Übungen zu erwarten, da die Flexionsphase nur mit einem statt mit zwei Metronomschlägen getaktet ist. Der Grad der Steigung und des Fallens ist während der Flexions- und Extensionsphase annährend identisch, so dass der Umkehrpunkt als Spiegelachse betrachtet werden kann. Dies ist auch aus den fast identischen Werten der zwei Phasen der Beanspruchungsprofile ersichtlich.
Allen Kurven ist eine hohe Innervation am Übungsanfang und –ende gemeinsam. Die Höhe differiert jedoch je nach Muskelanteil um annähernd 10% MVC. Der M. obliquus externus abominis zeigt mit 54% MVC die höchste, der M. rectus abdominis upper part mit 24% MVC die niedrigste Innervation der vier Muskelanteile. Der obere und untere Anteil des

geraden Bauchmuskels unterscheiden sich in der Anfangsinnervation um 20%. Dieser Unterschied gilt ebenfalls für den inneren und äußeren schrägen Bauchmuskel.

Die Kurven der vier Bauchmuskelanteile steigen relativ kontinuierlich bis zum Erreichen eines leicht glockenförmigen Aktivitätsplateaus an. Plateaubeginn, -ende und -länge sowie der Zeitpunkt des darin auftretenden Maximums sind Muskelanteil spezifisch. Die längste Plateauphase zeigt der M. rectus abdominis upper part. Es erstreckt sich von 34% bis 60% des Zyklus' und reicht somit, wie auch die Plateaus der schrägen Bauchmuskeln, in die Extensionsphase hinüber. Das Maximum mit 68% MVC ist im Vergleich zu den anderen Bauchmuskelanteilen am niedrigsten und liegt kurz vor dem Umkehrpunkt. Das zweitlängste Plateau, das sich von 33% bis 53% der Zeit erstreckt, weist der M. obliquus externus abdominis auf. Das Maximum mit dem supramaximalen Wert von 103% MVC liegt kurz nach Plateaubeginn. Der M. rectus abdominis lower part hat seine Plateauphase von 37% der Zeit bis zum Umkehrpunkt mit einem Maximum von 94% MVC. Die Plateaulänge ist beim M. obliquus internus abdominis annähernd gleich. Es erstreckt sich von 42% bis 53% des Zyklus' und hat ein Maximum von 83% MVC.

Über den gesamten Übungsverlauf weist der M. rectus abdominis upper part durchschnittliche Werte von 45% MVC, der M. rectus abdominis lower part Werte von 69% MVC, der M. obliquus externus abdominis Werte von 79% MVC und der M. obliquus internus abdominis Werte von 58% MVC auf. Die höchste Beanspruchung liegt bei dieser Übung somit deutlich beim äußeren schrägen Bauchmuskel, der sogar supramaximale Werte (103% MVC) erreicht.

Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile beträgt 70% MVC, der Spitzenwert 87% MVC . Die Übung weist im Vergleich zu den anderen sieben Übungen insgesamt die größte muskuläre Beanspruchung für den Bauch auf.

Zusammenfassend betrachtet sind die Tendenzen der Mean- und Peakwerte annähernd gleich. Insgesamt ist die durchschnittliche Standardabweichung bei allen Bauchmuskelanteilen auf Grund der Übungsaus-

führung sehr hoch. Die durchschnittlichen Standardabweichungen liegen zwischen 21% (RAU) und 39% (OEA).
Bei den bisher dargestellten Übungen wurden in den geraden Bauchmuskelanteilen immer höhere Werte als in den Schrägen erreicht. In dieser Übung wird der äußere schräge Bauchmuskel stärker innerviert als die geraden Bauchmuskelanteile.

Beanspruchungsprofile der Übung 5

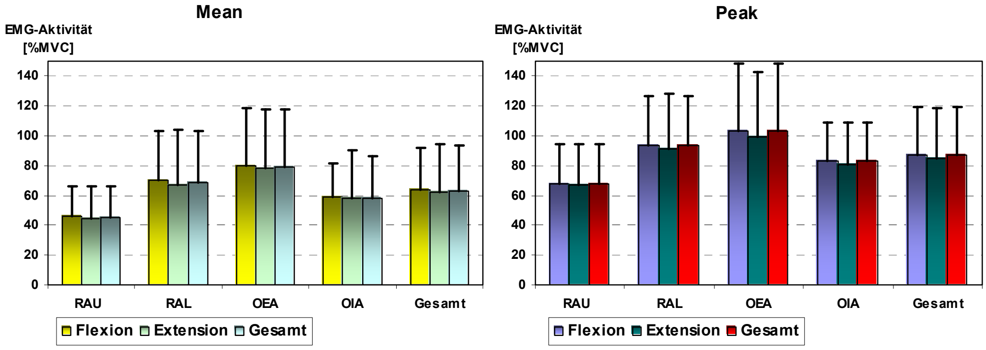
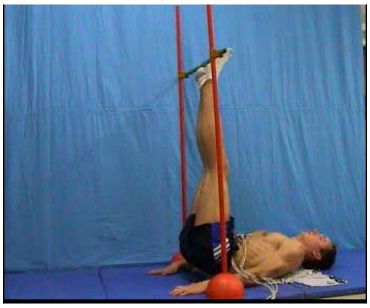
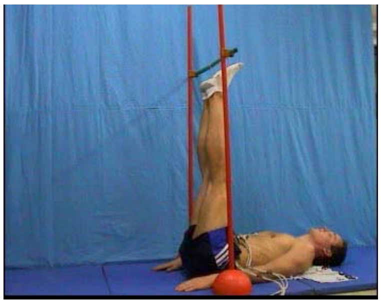


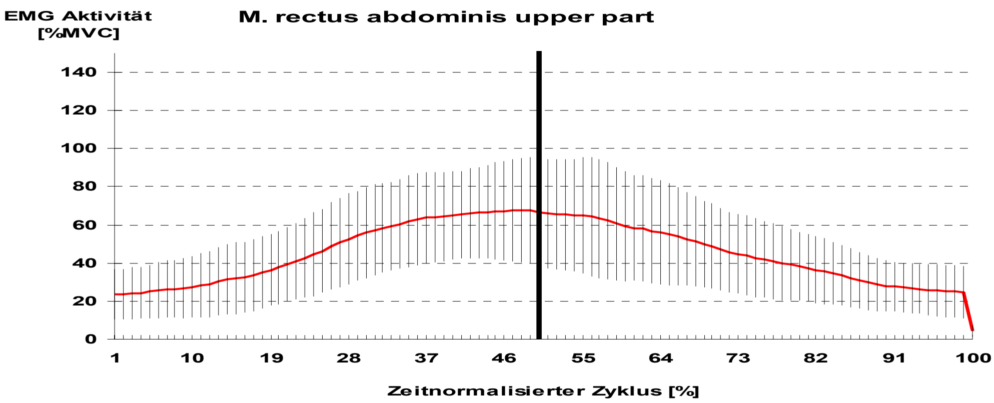
Abb. 6.9: Mean- und Peakwerte der Flexions-, Extensions- und Gesamtphase der Übung 5

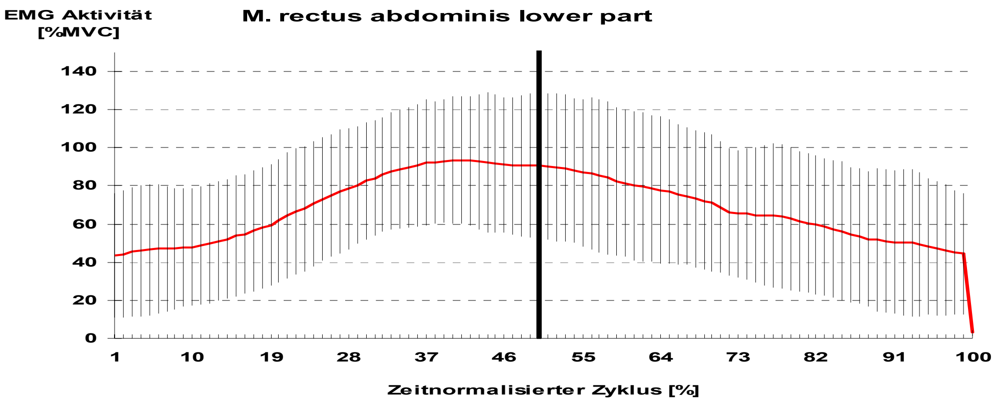
Flexionsphase

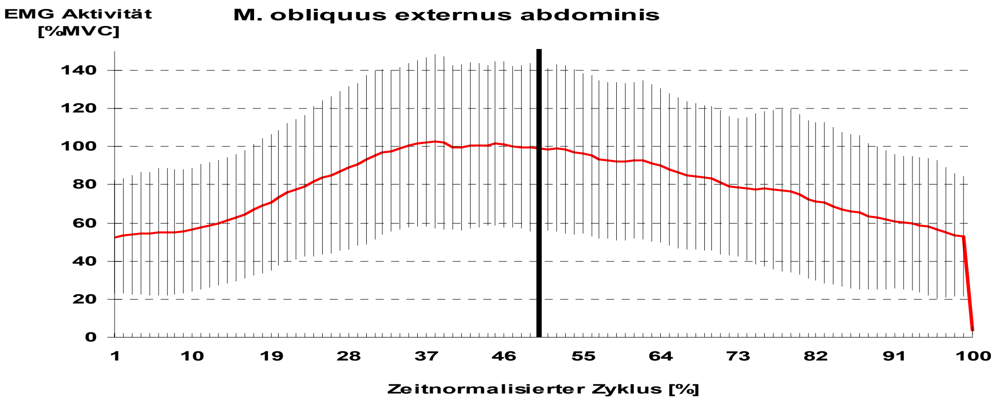


Extensionsphase









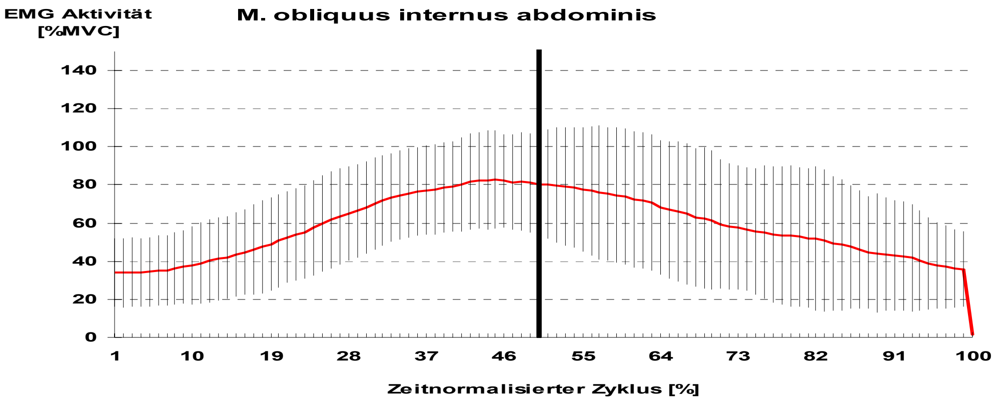


Abb. 6.10: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 5

6.1.6 Übung 6

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	38,38	21,27	27,33	16,69	32,52	18,84	64,61	29,99	61,79	30,00	64,61	29,99
RAL	**44,17**	23,26	**35,21**	21,65	**39,42**	22,40	81,93	32,63	80,43	35,79	81,93	32,63
OEA	36,98	**27,69**	35,04	**24,73**	35,95	**26,12**	**89,79**	**45,32**	**88,36**	**42,06**	**89,79**	**45,32**
OIA	29,62	20,24	25,55	21,83	27,47	21,08	61,60	31,70	61,37	27,76	61,60	31,70
Gesamt	37,29	23,12	30,78	21,23	33,84	22,11	74,48	34,91	72,99	33,90	74,48	34,91

Tab. 6.6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 6

Die Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile, sind sehr ähnlich. Der Umkehrpunkt von der Flexions- zur Extensionsphase liegt bei 47% des zeitnormalisierten Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven des M. rectus abdominis upper und lower part sind nahezu identisch, wobei letzterer ein um 7% höheres Niveau aufweist. Beide haben eine Anfangsinnervation von unter 10% MVC und erreichen nach einer ansteigenden Phase ein erstes Aktivitätsplateau zwischen 19% und 26% des Zyklus'. Beim unteren Teil des geraden Bauchmuskels weist dieser eine leicht aufsteigende Innervationstendenz auf. Zu Beginn des Plateaus ist der obere Anteil des geraden Bauchmuskels mit 40% MVC, der untere mit 41% MVC innerviert. Daraufhin steigen beide Aktivitätsverläufe weiter an, bis bei 37% des Zyklus' ihre zweite Plateauphase beginnt. Diese endet beim M. rectus abdominis upper part im Umkehrpunkt, beim M. rectus abdominis lower part 3% später. Die in dieser Phase liegenden Maxima betragen 65% MVC (RAU) und 82% MVC (RAL).

Danach fallen die Kurven in ihrem Verlauf ab und nähern sich ab 72% der Zeit der x-Achse asymptotisch an, wobei die Innervationswerte am Übungsende sich mit denen am Anfang decken.
Über den gesamten Übungsverlauf weist der M. rectus abdominis upper part durchschnittliche Werte von 33% MVC, der M. rectus abdominis lower part Werte von 39% MVC auf.
Die Aktivitätsverläufe und die Beanspruchungsprofile der schrägen Bauchmuskeln zeigen ebenfalls Übereinstimmungen.
Die Aktivitätsverläufe haben ihre Ausgangspunkte bei Werten von unter 10% MVC. Beim M. obliquus externus abdominis steigt die Kurve annähernd kontinuierlich bis 34% des Zyklus' an. Es schließt sich bis zu 59% Zeit ein glockenförmiger Verlauf mit dem Umkehrpunkt als Spiegelachse, und dem kurz vorher stattfindenden Maximum von 90% MVC an. Der M. obliquus internus abdominis hat nach der ansteigenden Phase im Zeitraum von 41% bis zum Umkehrpunkt des Zyklus' eine Plateauphase mit einem eingeschlossenem Maximum von 62% MVC. Nach den beschriebenen Phasen fallen bei beiden Muskeln die Kurven steil ab, bis sie sich bei 67% (OIA) bzw. 71% der Zeit (OEA) asymptotisch der x-Achse bis zum Anfangswert annähern.
Die durchschnittliche MVC-Wert der Beanspruchungsprofile des M. obliquus externus abdominis ist 36% MVC, der des M. obliquus internus abdominis 28% MVC.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 34% MVC, der Spitzenwert bei 73% MVC.
Während bei den Peakwerten die Tendenz der Meanwerte mit RAU>RAL noch stärker zum Ausdruck kommt, nimmt der Peakwert des äußeren schrägen Bauchmuskels eine Sonderstellung ein. Er (90% MVC) ist größer als der des unteren Anteils des geraden Bauchmuskels (82% MVC). Sein Meanwert (36%) ist jedoch kleiner als der des geraden Bauchmuskels (39% MVC).

Beanspruchungsprofile der Übung 6

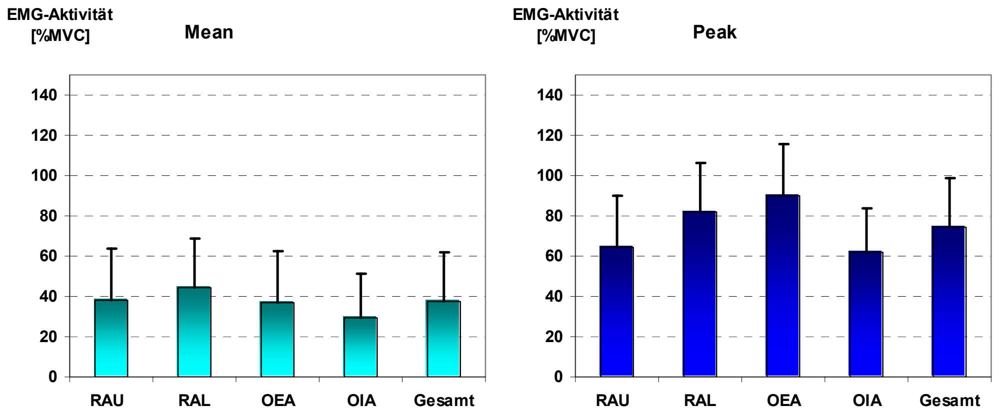
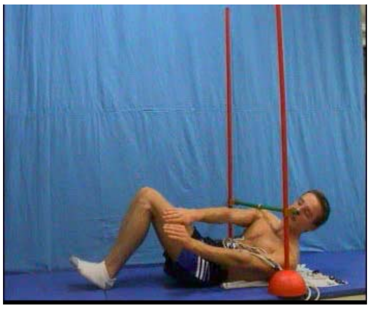
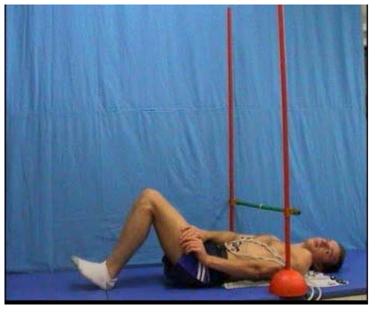


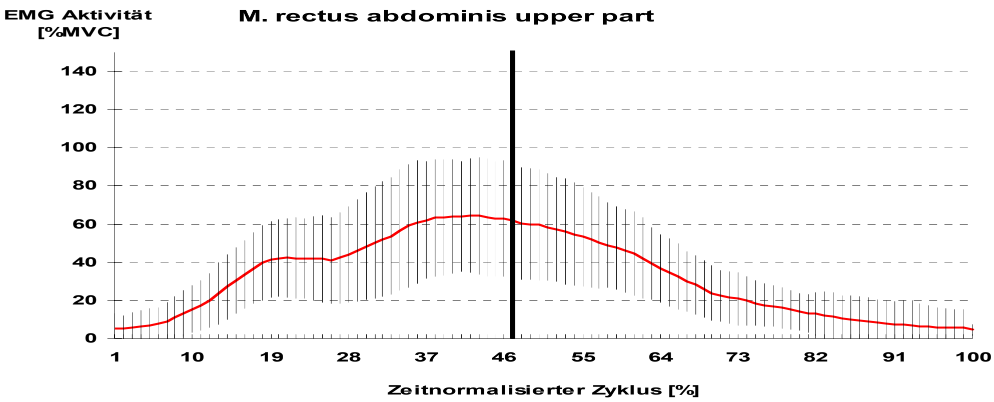
Abb. 6.11: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 6

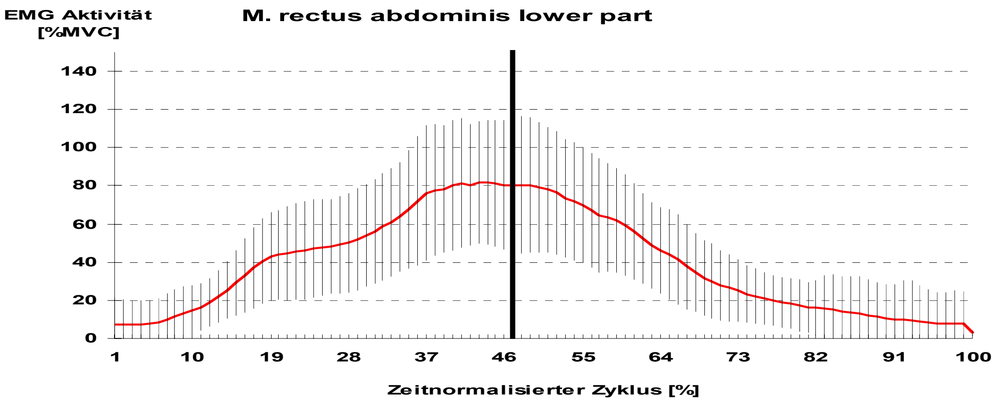
Flexionsphase

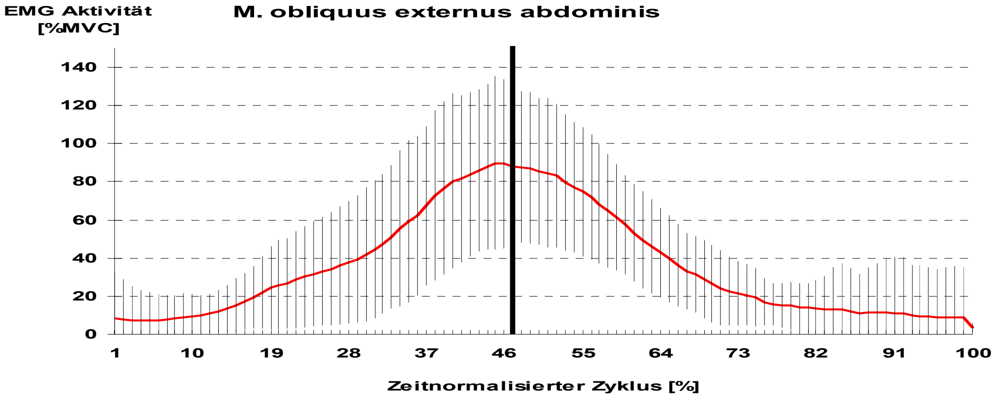


Extensionsphase









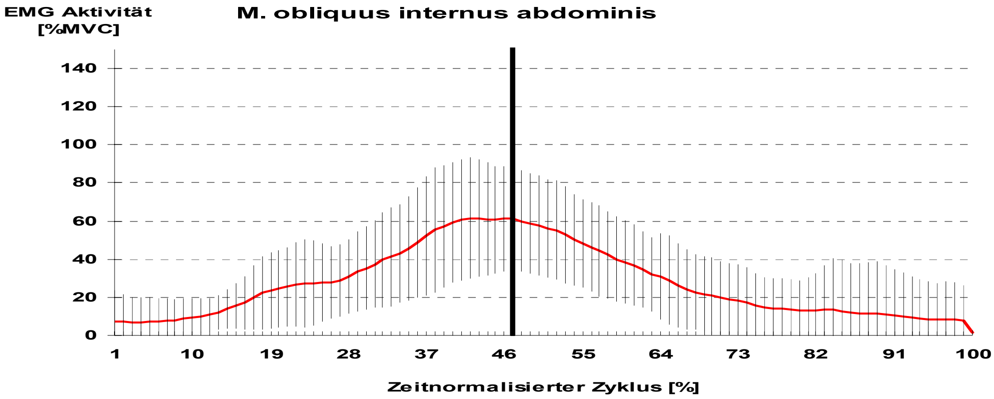


Abb. 6.12: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 6

6.1.7 Übung 7

	Mean						Peak					
	Flexion		Extension		Gesamt		Flexion		Extension		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	61,72	31,39	39,29	19,19	49,61	24,80	80,30	39,22	77,64	36,67	80,30	39,22
RAL	**70,08**	**32,49**	**49,71**	**23,87**	**59,08**	**27,84**	**97,17**	**44,03**	**94,54**	**41,75**	**97,17**	**44,03**
OEA	46,59	26,33	40,41	19,40	43,25	22,59	89,21	36,17	90,38	37,31	90,38	37,31
OIA	54,49	27,74	40,51	21,75	46,94	24,50	86,72	36,50	86,13	38,06	86,72	36,50
Gesamt	58,22	29,49	42,48	21,05	49,72	24,93	88,35	38,98	87,17	38,45	88,64	39,27

Tab. 6.7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 7

Die Aktivitätsverläufe der zwei geraden Bauchmuskelanteile sind sehr ähnlich. Ebenfalls ist eine Ähnlichkeit zwischen den Aktivitätsverläufen der zwei schrägen Bauchmuskeln festzustellen. Der Umkehrpunkt liegt für alle vier Muskelanteile bei 46% des zeitnormalisierten Zyklus'. Bis zu diesem Punkt ist der Gesamtkurvenverlauf tendenziell ansteigend, danach abfallend.

Die Kurven des M. rectus abdominis upper und lower part sind nahezu identisch, wobei letzterer ein um 9% MVC höheres Niveau aufweist. Nach einer hohen Anfangsinnervation von 20% MVC (RAU) bzw. von 24% MVC (RAL) steigen beide Kurven bis 16% des Zyklus' stark an. In dem leicht fallenden und bis zu 24% der Zeit reichenden ersten Aktivitätsplateau wird vom M. rectus abdominis upper part mit 79% MVC ein lokales Maximum mit fast so hohen Werten wie beim absoluten Maximum des zweiten Plateaus erreicht. Ähnliches gilt für den M. rectus abdominis lower part, der auf dem ersten Plateau schon 83% MVC erreicht.

Der obere Anteil des geraden Bauchmuskels fällt nach Phasenende zunächst ab, um dann bis zu 36% Zeit wieder ein ähnlich hohes Niveau wie

in der ersten Phase zu erreichen. Der untere Anteil des geraden Bauchmuskels weist zu diesem Zeitpunkt höhere Werte als beim ersten Plateau auf. Die zweite Plateauphase beginnt hier bei 36% des Zyklus'. Die absoluten Maxima betragen 80% MVC für RAU und 97% MVC für RAL. Die zweite Plateauphase endet für beide Muskeln im Umkehrpunkt.
Danach fallen die Kurven in ihrem Verlauf ab, bis die Innervationswerte des Übungsanfangs wieder erreicht werden.
Über den gesamten Übungsverlauf liegt der M. rectus abdominis lower part mit Werten von 59% MVC höher als der M. rectus abdominis upper part mit durchschnittlichen Werten von 50% MVC. Dies gilt ebenfalls für die Peakwerte mit 97% MVC (RAL) und 80% MVC (RAU).
Die Aktivitätsverläufe der schrägen Bauchmuskeln haben mit 20% MVC (OEA) und 18% MVC (OIA) eine ähnlich hohe Ausgangsinnervationen wie die Anteile der geraden Bauchmuskulatur. Sie steigen bis 18% des Zyklus' kontinuierlich an. Ab diesem Zeitpunkt differieren die Aktivitätsverläufe etwas. Der M. obliquus externus abdominis hat keine erste Plateauphase. Beim M. obliquus internus abdominis reicht die erste Plateauphase von 18% bis 28% des Zyklus' und weist ein lokales Maximum von 63% MVC auf. Nach einer zweiten, diesmal steiler ansteigenden Phase dieses Muskels schließt sich eine sich von 37% bis 48% des zeitnormalisierten Zyklus' erstreckende zweite Plateauphase an, die somit von der Flexions- in die Extensionsphase hinüberreicht und ein absolutes Maximum von 87% MVC beinhaltet. Beim M. obliquus externus abdominis liegt das Maximum von 89% MVC in einer Plateauphase bei 40% der Zeit und endet mit dem Umkehrpunkt. Nach dieser Plateauphase fallen die Aktivitätsverläufe beider Muskeln bis zu 68% des Zyklus' stark ab und nähern sich dann asymptotisch bis zum Ausgangsinnervationsniveau an die x-Achse an.
Die durchschnittlichen MVC-Werte der Beanspruchungsprofile des M. obliquus internus abdominis mit 47% MVC sind, wenn man den reinen Wert betrachtet, größer als die des M. obliquus externus abdominis mit 43% MVC. Bei den Peakwerten sieht es genau umgekehrt aus. Der äußere schräge Bauchmuskel weist mit 90% höhere Werte als der innere schräge Bauchmuskel mit 87% auf. Unter Berücksichtigung der relativ großen

Standardabweichungen dieser beiden Muskeln (37% Mean- und Peakwert) kann jedoch eine Innervation auf ähnlich hohem Niveau festgestellt werden.
Im Vergleich der geraden mit den schrägen Bauchmuskeln stechen die zwei lokalen Maxima in der ersten Plateauphase der geraden Bauchmuskeln hervor, da sie fast das Niveau der absoluten Maxima erreichen. Dies ist bei den schrägen Bauchmuskeln nicht der Fall.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 47% MVC, der Spitzenwert bei 87% MVC. Die Peakwerte der schrägen Bauchmuskulatur sind mit 90% MVC (OEA) und 87% MVC (OIA) ähnlich hoch wie die der geraden Bauchmuskulatur (97% MVC RAL; 80% MVC RAU).

Beanspruchungsprofile der Übung 7

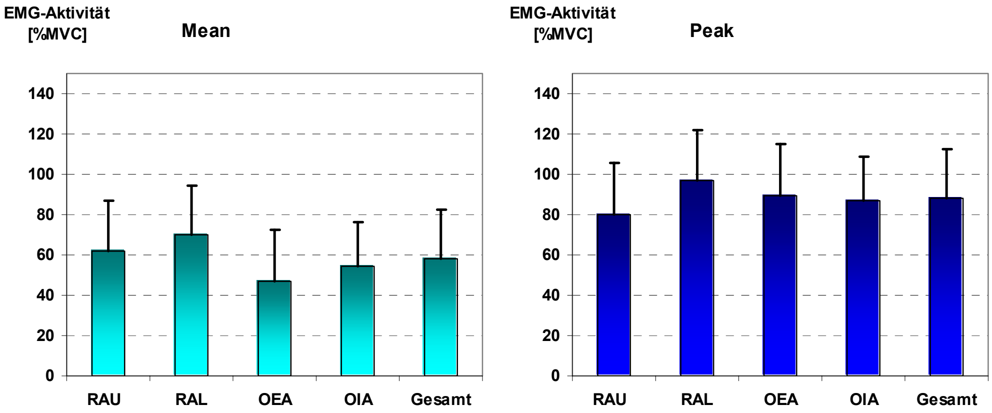
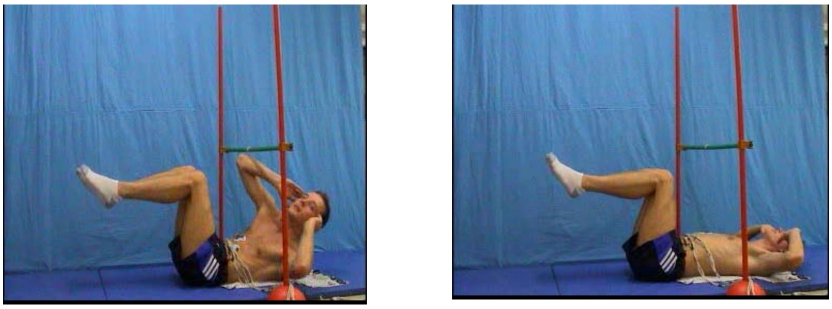
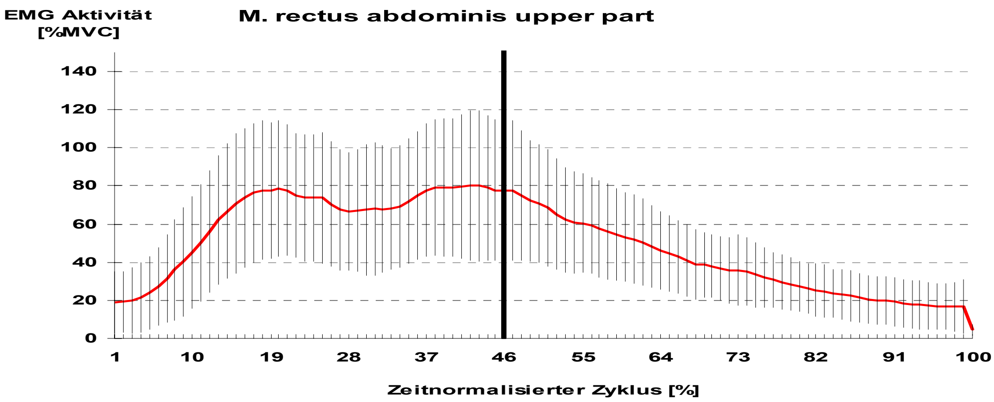
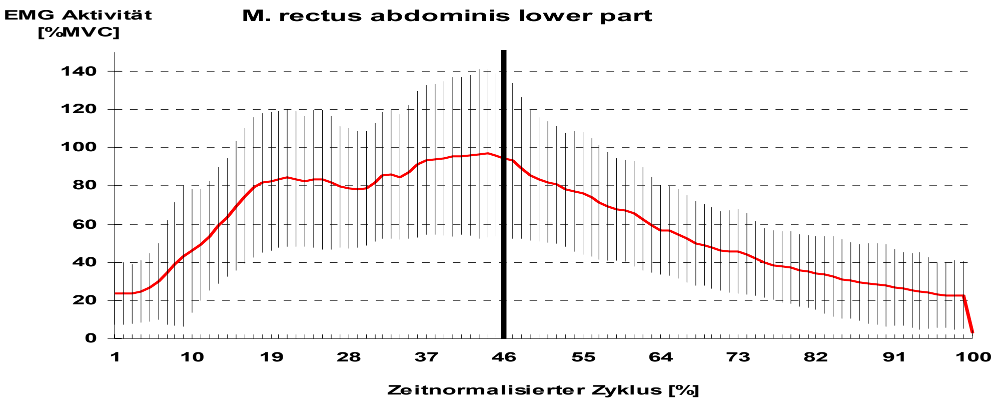


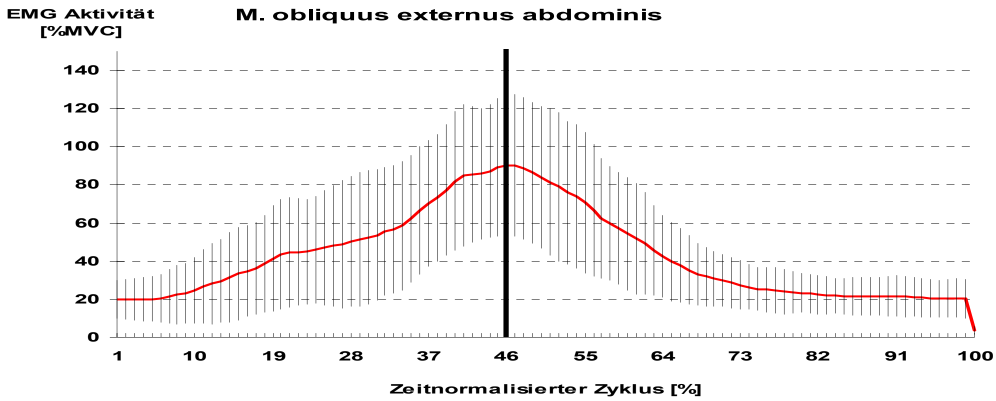
Abb. 6.13: Mean- und Peakwerte der Flexionsphase der Übung 7

Flexionsphase Extensionsphase









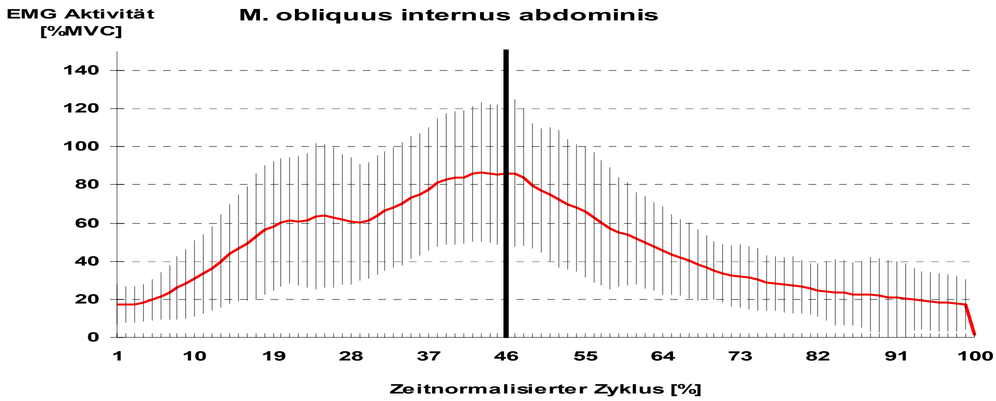


Abb. 6.14: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 7

6.1.8 Übung 8

	Mean						Peak					
	1. Phase		2. Phase		Gesamt		1. Phase		2.Phase		Gesamt	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Peak	SD	Peak	SD	Peak	SD
RAU	22,01	19,19	24,63	**40,27**	23,43	**30,57**	30,25	28,86	30,43	**43,51**	30,43	**43,51**
RAL	21,30	13,27	17,74	14,42	19,38	13,89	29,39	18,37	26,51	17,88	29,39	18,37
OEA	**40,48**	**26,00**	**33,34**	23,75	**36,62**	24,79	**55,29**	**36,35**	**50,04**	33,79	**55,29**	36,35
OIA	12,60	11,90	11,73	11,70	12,13	11,79	13,55	13,23	14,14	17,66	14,14	17,66
Gesamt	24,10	17,59	21,86	22,54	22,89	20,26	32,12	24,20	30,28	28,21	32,31	28,97

Tab. 6.8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mean- und Peakwerte der vier untersuchten Muskelanteile während der Flexions-, Extensionsphase und über den gesamten Zyklus für Übung 8

Bei dieser Übung erfolgt zunächst die Extensions- und danach die Flexionsphase. Der Umkehrpunkt liegt bei 46% des zeitnormalisierten Zyklus'.

Die Aktivitätsverläufe der vier Bauchmuskelanteile ähneln sich sehr.

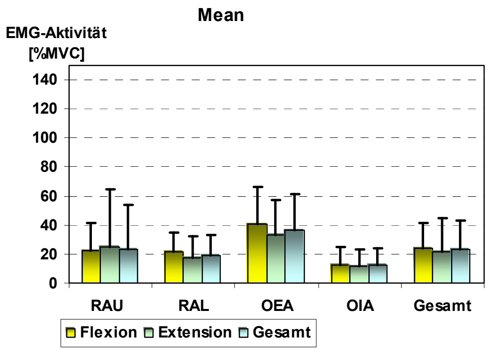
Die beiden Anteile des geraden Bauchmuskels weisen nur minimale Abweichungen vom Innervationswert am Übungsanfang über den Verlauf der Übung auf. Mit einer Beanspruchung von 17% MVC beginnend, steigt der Aktivitätsverlauf des M. rectus abdominis upper part nach einem anfänglichen kurzen Abfall kontinuierlich bis 37% des zeitnormalisierten Zyklus' an. In der bis zu 55% der Zeit sich erstreckenden Plateauphase befindet sich das Maximum mit 30% MVC. Bis zum Übungsende sinkt die Beanspruchung wieder bis auf den Ausgangsinnervationswert ab.

Beginnend mit 11% MVC steigt die Kurve beim M rectus abdominis lower part bis zum Maximum von 29% MVC bei 40% des Zyklus' an. Danach fällt sie bis zum Ausgangswert. Die durchschnittliche Innervation des oberen Anteils des geraden Bauchmuskels ist mit 23% MVC etwas höher als die

des unteren Anteils mit 19% MVC. Bei den meisten der anderen untersuchten Übungen wird der obere Anteil ansonsten stärker innerviert.
Beim M. obliquus externus abdominis sind im Vergleich zu den anderen Muskelanteilen die größten Innervationsunterschiede über den Übungsverlauf zu erkennen. Beginnend bei 22% MVC wird nach einem kurzen Anstieg die erste Plateauphase erreicht. Sie erstreckt sich von 12% bis 22% des Zyklus'. Zu Phasenbeginn wird der Muskel mit 40% MVC innerviert. Danach steigt die Kurve bis 40% des Zyklus' an. In diesem Punkt liegt das absolute Maximum mit 55% MVC. Danach fällt die Kurve bis 58% der Zeit ab und nähert sich danach langsam der x-Achse bis zum Ausgangsniveau an. Durchschnittlich wird der M. obliquus externus abdominis mit 37% MVC am stärksten von den abgeleiteten Muskelanteilen bei dieser Übung innerviert.
Der M. obliquus internus abdominis hält seine Anfangsinnervation von 12% MVC bis zum Übungsende bei, hat somit einen durchschnittlichen Wert von 12% MVC und kurz nach dem Umkehrpunkt einen Peakwert von 14% MVC.
Der Durchschnittswert aller vier Bauchmuskelanteile liegt bei 23% MVC, der Spitzenwert bei 32% MVC . Die Übung weist im Vergleich zu den anderen sieben Übungen insgesamt die geringste muskuläre Beanspruchung für den Bauch auf.
Die Innervationshöhe der Extensions- und Flexionsphase ist annähernd identisch, wobei in der Flexionsphase infolge exzentrischer Arbeit etwas höhere Werte erzielt werden.
Der M. obliquus internus abdominis hält seine Anfangsinnervation von 12% MVC bis zum Übungsende bei, hat somit einen durchschnittlichen Wert von 12% MVC und kurz nach dem Umkehrpunkt einen Peakwert von 14% MVC.
Zusammenfassend betrachtet sind die Tendenzen der Mean- und Peakwerte annähernd gleich. Insgesamt ist die durchschnittliche Standardabweichung bei allen Bauchmuskelanteilen, wie schon bei Übung 5, auf Grund der Übungsausführung hoch. Sie liegen zwischen 12% (OIA) und 31% (RAU).

Bei den meisten der bisher dargestellten Übungen wurden in den geraden Bauchmuskelanteilen immer höhere Werte als in den Schrägen erreicht. In dieser Übung wird der äußere schräge Bauchmuskel stärker innerviert als alle anderen abgeleiteten Muskelanteile. Die durchschnittliche Belastung ist für M. rectus abdominis upper part (23% MVC), M. rectus abdominis lower part (19% MVC) und M. obliquus internus abdominis (12% MVC) sehr gering.

Beanspruchungsprofile der Übung 8



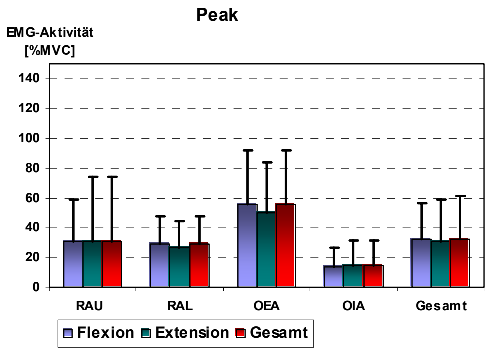
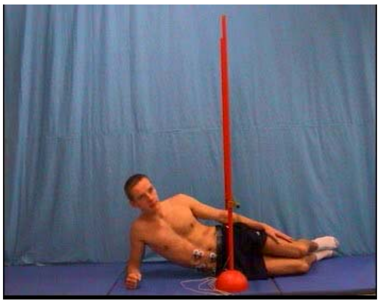
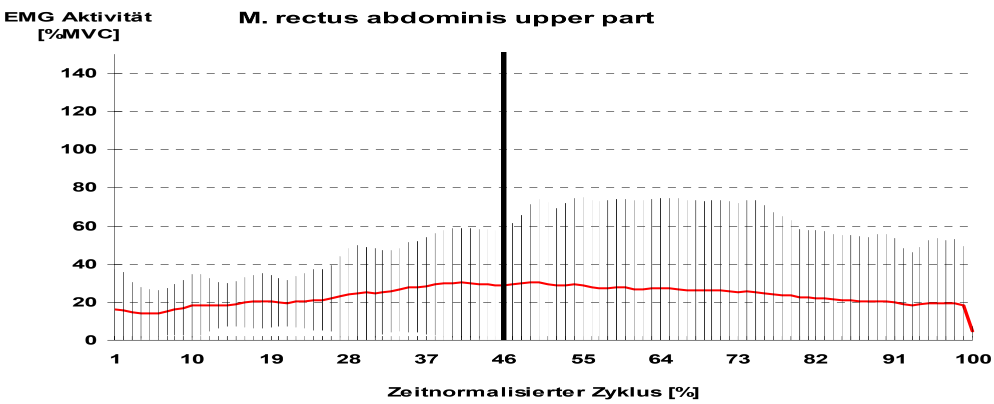


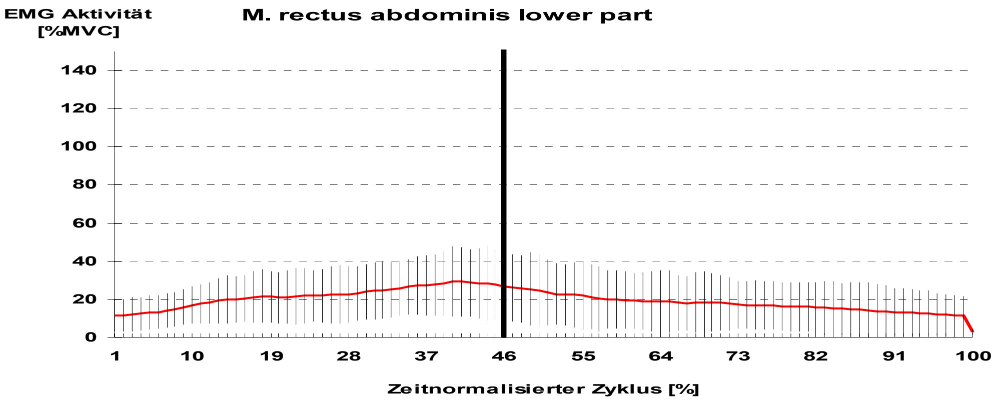
Abb. 6.15: Mean- und Peakwerte der Flexions-, Extensions- und Gesamtphase der Übung 8

Flexionsphase

Extensionsphase







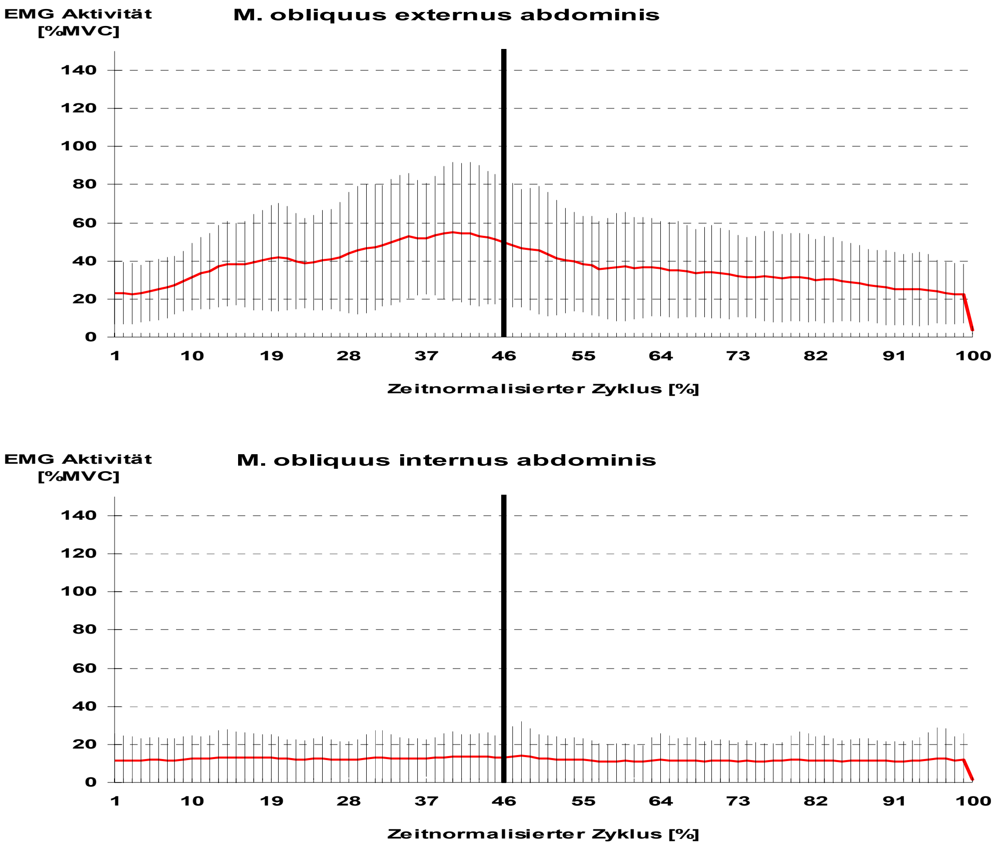


Abb. 6.16: Aktivitätsverläufe der vier abgeleiteten Muskeln bei Übung 8

6.1.9 Zusammenfassung

Die Aktivitätsverläufe der acht Übungen lassen sich in sechs Oberkörperflexionsübungen und die davon komplett in ihrer Bewegungsausführung und den Kurvenverläufen abweichenden Übungen 5 und 8 einteilen.

Bei allen Oberkörperflexionsübungen sind bis auf wenige Ausnahmen, für die Muskelanteile zwei Plateauphasen zu erkennen. Ausnahmen bilden z. B. der M. rectus abdominis lower part, der bei Übung 2 keine erste Plateauphase und bei Übung 3 und 4 keine zweite Plateauphase zeigt. Beim äußeren schrägen Bauchmuskel tritt in allen Übungen mit Ausnahme der Übung 1 keine erste Plateauphase auf. Bei den schrägen Bauchmuskeln ist oftmals auch statt einer ersten Plateauphase ein lokales Maximum bzw. ein stetiger Anstieg zu verzeichnen.

Die erste Plateauphase befindet sich auf dem ersten und die zweite Plateauphase auf dem zweiten Taktschlag. Die erste Plateauphase ist vom durchschnittlichen Innervationsniveau geringer als die zweite Plateauphase, wodurch der tendenzielle Verlauf zwischen den beiden Plateaus aufsteigend ist. Der M. rectus abdominis upper part stellt bei Übung 7 eine Ausnahme dar, weil im ersten Plateau ein annähernd gleiches Innervationsniveau wie im zweiten Plateau erreicht wird. Es ist sogar ein leichter Abfall nach dem ersten Plateau zu erkennen. Das gilt ebenfalls für den M. obliquus internus abdominis in Übung 7 und für den M. rectus abdominis upper part in Übung 3.

Durchschnittlich erstreckt sich das erste Plateau von 19% der Zeit bis 30% ± 3% der Zeit. Die zweite Plateauphase beginnt in der Regel ab 39% ± 3% der Zeit und endet für die geraden Bauchmuskelanteile bei den meisten Übungen im Umkehrpunkt. Für die schrägen Bauchmuskeln reicht das zweite Plateau über den Umkehrpunkt hinaus (Rechtsverschiebung der zweiten Plateauphase). Die zweite Plateauphase zeigt zum Teil schon eine absteigende Tendenz (z. B. RAU in Übung 1 und 6; RAL in Übung 4). Daran anschließend setzt bei allen vier Muskelanteilen zunächst ein starker

Abfall der Kurve ein. Im letzten Drittel des zeitnormalisierten Zyklus' nähern sich die Kurven asymptotisch der x-Achse an.
Generell sind bei den Oberkörperflexionsübungen in den Aktivitätsverläufen der vier Muskelanteile größere Ähnlichkeiten je zwischen zwei Anteilen der geraden Bauchmuskulatur und zwischen den schrägen Bauchmuskeln erkennbar.
Die Aktivitätsverläufe der vier Muskelanteile in Übung 5 zeigen alle nach einem hohen Anfangsinnervationsniveau einen leicht ansteigenden Verlauf bis zum Umkehrpunkt und fallen danach wieder kontinuierlich auf das Ausgangsniveau ab. Sie differieren lediglich hinsichtlich ihrer Innervationshöhe (Mean- und Peakwerte).
In Übung 8 behalten die Aktivitätsverläufe der geraden Bauchmuskelanteile und des inneren schrägen Bauchmuskels fast kontinuierlich die Anfangs-innervation bei. Der M. obliquus externus abdominis zeigt, ähnlich zu den Ober-körperflexionsübungen, eine erste Plateauphase. Er hat bei 40% der Zeit sein absolutes Maximum.
Übung 5 und Übung 8 haben infolge ihrer Bewegungsausführung die größten Standardabweichungen von allen acht Übungen.
Die Zusammenfassung der Beanspruchungsprofile erfolgt zusammen mit den Ranglisten im folgenden Kapitel.

6.2 Übungsranglisten der acht untersuchten Bauchmuskelübungen

Für die vier abgeleiteten Bauchmuskelanteile und für den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit werden im Folgenden Übungsranglisten erstellt.
Datengrundlage bilden die Meanwerte (in % MVC) aus den Beanspruchungsprofilen über den Gesamtverlauf der jeweiligen Übung, die durch Mittelung der Meanwerte aller 30 Probanden in einer Übung zustande gekommen sind. Für jeden der vier Muskelanteile und für den gesamten Bauchmuskel werden die Übungen der Intensität (% MVC) nach geordnet und mit einem Rangplatz versehen. In der tabellarischen Darstellung ist links der Rangplatz, in der Mitte die Übungsnummer, daneben der erzielte durchschnittliche Innervationswert in % MVC und ganz rechts die durchschnittliche Standardabweichung in % angegeben. Der besseren Lesbarkeit wegen sind in den Tabellen die ursprünglich mit zwei Nachkommastellen angegebenen Werte auf ganze Zahlen gerundet worden. Unter den Einzeltabellen können bei Bedarf die genauen Werte zu den Beanspruchungsprofilen nachgelesen werden.
Der Übungsrangliste ‚Gesamt' liegen ebenfalls die Meanwerte in % MVC über den gesamten Übungsverlauf der jeweiligen Übung zugrunde. Diese Meanwerte wurden durch Mittelung der Meanwerte der vier abgeleiteten Muskelanteile in der jeweiligen Übung erhalten.
Die in den Tabellen dargestellten Ergebnisse werden, um eine Doppelnennung zu vermeiden, in ihren Einzelheiten nicht noch einmal im Fließtext wieder gegeben, sondern lediglich zusammenfassend erläutert.
Die im Folgenden dargestellten Ranglisten beruhen zunächst auf deskriptiver Statistik und werden im anschließenden Teilkapitel mittels analytischer Statistik auf Unterschiede geprüft. Es ist durchaus möglich, dass die Ergebnisse in der Analytik von denen der Deskription abweichen.

M. rectus abdominis upper part

Rangplatz	Übung	% MVC	SD in %
1	7	50	25
2	3	46	21
3	5	45	21
4	4	38	19
5	2	35	19
6	6	33	19
7	1	27	13
8	8	23	31

M. rectus abdominis lower part

Rangplatz	Übung	% MVC	SD in %
1	5	69	35
2	7	59	28
3	3	55	22
4	2	47	24
5	4	40	20
6	6	39	22
7	1	32	18
8	8	19	14

M. obliquus externus abdominis

Rangplatz	Übung	% MVC	SD in %
1	5	79	39
2	7	43	23
3	8	37	25
4	6	36	26
5	2	34	19
6	3	32	15
7	4	21	11
8	1	21	15

M. obliquus internus abdominis

Rangplatz	Übung	% MVC	SD in %
1	5	58	28
2	7	47	25
3	3	39	18
4	2	32	14
5	6	28	21
6	4	25	14
7	1	21	12
8	8	12	12

Gesamtbauchmuskel

Rangplatz	Übung	% MVC	SD in %
1	5	63	31
2	7	50	25
3	3	43	19
4	2	37	19
5	6	34	22
6	4	31	16
7	1	25	14
8	8	23	20

Tab. 6.9: Ranglisten der vier Muskelanteile und des Gesamtbauchmuskels

Im M. obliquus externus abdominis der Übung 5 treten die größten Mean- bzw. Peakwerte auf, die innerhalb der acht Übungen von einem Muskelanteil erzielt wurden (79% MVC; 103% MVC). Diese Übung ist auch in den Ranglisten der anderen Muskelanteile und des Gesamtbauchmuskels an erster Stelle zu finden. Nur in der Rangliste des M. rectus abdominis upper part steht diese Übung an zweiter Stelle.
Für alle Übungen mit Ausnahme der Übung 6 tritt der höchste Peakwert einer Übung immer auch in dem Muskelanteil auf, in dem der höchste Meanwert erzielt wurde.
Der geringste durchschnittliche Wert aus den acht Übungen wird bei Übung 8 im M. obliquus internus abdominis mit 12% MVC erzeugt. Generell zeigt die Übung 8 auch in den anderen Muskelanteilen und dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit die niedrigsten Werte aller Übungen. Mit Ausnahme des M. obliquus externus abdominis steht diese Übung daher in den Ranglisten immer an letzter Stelle.
Vom unteren Anteil der geraden Bauchmuskulatur werden höhere Werte erzielt, als vom oberen Anteil. Übungen 1 und 8 stellen dabei Ausnahmen dar, da in ihnen vom oberen Anteil 4% höhere Werte (27% MVC und 23% MVC) als vom unteren Anteil erzielt werden.
Zwischen Mm. obliquus internus und externus abdominis lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen.
Des Weiteren ist die Tendenz zu erkennen, dass durch die Übungen in den beiden Anteilen der geraden Bauchmuskulatur höhere Werte als in denen der schrägen Bauchmuskeln hervorgerufen werden. Dies triff für alle Oberkörperflexionsübungen, jedoch nicht für die Übungen 5 und 8 zu. Im M. obliquus externus abdominis der Übung 5 tritt sogar der höchste Mean- und Peakwert aller acht Übungen auf. Dieser Übung kommt in sofern ein gewisser Sonderstatus zu. Dies trifft ebenfalls auf die Übung 8 zu. Sie ist die einzige Übung, in der sich der Innervationsunterschied zwischen den einzelnen Muskelanteilen in einem Fall extrem auf die Ranglistenposition auswirkt: Beim M. obliquus externus abdomins steht die Übung 8 an dritter Stelle in der Rangliste (37% MVC), während sie bei allen anderen Muskelanteilen und dem Gesamtbauchmuskel das Schlusslicht bildet.

In den Muskelanteilen, in denen die höchsten Mean- und Peakwerte erzielt werden, treten auch die größten Standardabweichungen auf (Ausnahmen bilden die Übungen 6 und 8). Bei den Oberkörperflexionsübungen (Übung 1-4 und 6,7) sind daher, mit Ausnahme der Übung 6, die größten Standardabweichungen im M. rectus abdominis lower part mit 22% ± 4% zu finden. Größere Abweichungen auf Grund der Übungsausführung zeigt die Übung 8 im äußeren schrägen Bauchmuskel mit 31%. Die größte aller Standardabweichungen tritt in Übung 5 ebenfalls beim M. obliquus externus abdominis mit 38% auf.

Beim M. rectus abdominis upper part weisen die Übungen mit den höchsten Innervationen (Übung 7, 3 und 5) ähnlich hohe Meanwerte auf (50% MVC, 46% MVC, 45% MVC). Diese Übungen zeigen auch für die anderen Muskelanteile und den Gesamtbauchmuskel die höchsten Innervationen über den gesamten Übungsverlauf. Eine Ausnahme davon stellt der äußere schräge Bauchmuskel in Übung 3 dar. Der Abstand zwischen der ‚Top-Übung' (Übung 5) zur Übung mit der zweit höchsten Innervation (Übung 7) beträgt beim M. rectus abdominis lower part und M. obliquus internus abdominis 10% MVC. Beim M. obliquus externus abdominis sind es sogar 20%.
Geringe Innervationsunterschiede sind bei den Übungen 4, 2 und 6 dieses Muskelanteils, aber auch für die anderen Muskelanteile und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit zu finden. Diese Übungen liegen auf den Rangplätzen 4-6. Übung 1 bekommt für alle Muskelanteile und den Bauchmuskel als Gesamten den vorletzten Rangplatz (7) und Übung 8 den letzten Rangplatz (8) zugewiesen. Dabei stellen die vom äußeren schrägen Bauchmuskel erzielten Werte der Übung 8 eine Ausnahme dar, weil sie mit 37% MVC so hoch sind, dass die Übung bei diesem Muskelanteil den dritten Rangplatz erreicht. In besonderem Maße scheint sie daher dafür geeignet zu sein, diesen Muskelanteil zu trainieren.
Die folgende Tabelle gibt daher zusammenfassend darüber Auskunft, ob eine Übung insbesondere für das Training eines Muskelanteils geeignet ist.

Rangplatz	RAU	RAL	OEA	OIA	Gesamt
1	7	5	5	5	5
2	3	7	7	7	7
3	5	3	8	3	3
4	4	2	6	2	2
5	2	4	2	6	6
6	6	6	3	4	4
7	1	1	4	1	1
8	8	8	1	8	8

Tab. 6.10: Zusammenfassende Darstellung der Rangplätze der acht Übungen bei den vier Muskelanteilen und dem Gesamtbauchmuskel

Es fällt auf, dass keine Übung in den untersuchten Fällen für alle. Muskelanteile bzw. für den Gesamtmuskel den gleichen Rangplatz erhält.
Bei den Rängen 1 und 2 sowie 7 und 8 ist die Zuordnung dennoch sehr eindeutig. Bei Übung 8 hingegen erreicht M. obliquus externus abdominis , wie schon beschrieben, den 3. Rang, während die Übung sonst auf dem letzten Platz liegt. Diese Übung scheint daher in besonderem Maße dazu geeignet zu sein den äußeren schrägen Bauchmuskel zu trainieren.

6.3 Subjektives Belastungsempfinden bei den acht Übungen

Wie schon unter 5.6.4 beschrieben, wurden die Probanden nach jeder Übungsausführung mittels der Borg-Skala (vgl. 2.5.2) dahin gehend befragt, wie stark belastend sie die eben von ihnen ausgeführte Übung empfanden. Dabei lassen sich personenspezifische Tendenzen erkennen, eher höhere bzw. niedrigere Werte anzugeben. Vergleicht man die acht Übungen, so zeigen die über das Probandenkollektiv gemittelten Werte (in der Zeile ‚Gesamt' angegeben) nur noch geringfügige Unterschiede im Belastungsempfinden zwischen den Übungen auf.
Im Folgenden werden die gerundeten Werte für die Übungen angegeben. Die genauen Daten sind der Tabelle im Anhang zu entnehmen.

Die höchste subjektive Belastung wurde im Durchschnitt bei den Übungen 5 und 7 mit einem Borg-Skalen-Wert von 14 erfahren. Dieser subjektive Wert spiegelt die gemessene Belastung wieder, die durch die Bauchmuskulatur erfahren wurde. Er stellt ein Belastungsempfinden dar, das zwischen etwas anstrengend und schwer liegt. Die Übungen 5 und 7 weisen mit 63% MVC und 50% MVC auch die höchsten durchschnittlichen Innervationen für den gesamten Bauchmuskel auf. Die empfundene und die gemessene Belastung decken sich bei diesen Übungen.
Werte von 13 auf der Borg-Skala wurden vom Probandenkollektiv für die Übungen 2, 3, und 4 vergeben. Auch hier sind Belastungsempfinden und die gemessene Belastung in Form von durchschnittlichen MVC-Werten weitgehend konform. Übung 4 wurde jedoch trotz niedrigerer durchschnittlicher MVC-Werte belastender als Übung 3 empfunden, der der Borg-Skalen-Wert von 12 zugeordnet wurde,. Denselben Wert erhielt auch Übung 1. Übung 8 wurde als leichteste Übung mit einem Wert von 11 beziffert. Dies entspricht dem gemessenen Wert, der diese Übung auf den letzten Rangplatz für alle Muskelanteile (Ausnahme: M. obliquus externus abdominis) verweist.
Zusammenfassend ist eine hohe Übereinstimmung zwischen dem subjektiven Belastungsempfinden der Probanden bei den acht Bauchmuskelübungen und den dabei gemessenen MVC-Werten zu erkennen. Aus diesem Grund wird auch bei der Fit-Karten-Erstellung unter der Rubrik, Angabe der Wiederholungsanzahl, das subjektive Belastungsempfinden als Orientierungsgröße genannt.

6.4 Analytische Statistik

Mit Hilfe von Verfahren der analytischen Statistik werden die acht analysierten Übungen miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede oder Gemeinsamkeiten untersucht. Dazu muss die vor der Untersuchung aufgestellte Hypothese mittels statistischer Tests überprüft werden.
Im ersten Teilkapitel werden zunächst ausgewählte Grundlagen der analytischen Statistik einschließlich der theoretischen Grundlagen der in

dieser Arbeit angewandten Tests beschrieben. Im darauf folgenden Teilkapitel können dann mittels analytischer Tests die deskriptiven Ranglisten überprüft werden.

6.4.1 Ausgewählte Grundlagen der analytischen Statistik

Die Aufgabe von statistischen Tests ist es, Hypothesen „über die Verteilung einer Zufallsvariablen X“ (BÜNING 1994, 31) an Hand einer Stichprobe zu überprüfen. Für diese Überprüfung wird eine Teststatistik herangezogen, die es ermöglicht, sich für oder gegen eine vorliegende Hypothese zu entscheiden. Auf einem kritischen Gebiet wird die Hypothese in Form einer Nullhypothese H_0 und einer Alternativhypothese H_1 formuliert. Die Nullhypothese kann erst dann verworfen und die Alternativhypothese akzeptiert werden, wenn „die tatsächlichen Gegebenheiten nicht mit der Nullhypothese zu erklären sind“ (BÖS 2000, 112).
Das Signifikanzniveau α wird in der Regel auf 5% festgesetzt (vgl. BÜHL 1998, 111). Von einem Test zum Niveau α spricht man, wenn bekannt ist, dass der verwendete Test nur mit einer Wahrscheinlichkeit von höchstens α den Fehler erster Art macht. Den Fehler erster Art begeht man, wenn man sich für die Alternative entscheidet, obwohl die Nullhypothese vorliegt. Es kann also durchaus sein, dass die Nullhypothese richtig ist, obwohl der Test ein signifikantes Ergebnis liefert. Daher wird das Signifikanzniveau auch als Irrtumswahrscheinlichkeit bezeichnet. Allerdings weiß man, dass diese Irrtumswahrscheinlichkeit höchstens α=0,05 beträgt (vgl. BÖS 2000, 114). Der p-Wert (Irrtumswahrscheinlichkeit), der eine Größe in den folgenden zu beschreibenden Tests darstellt, gibt das kleinste Niveau an, bei dem die Nullhypothese gerade noch abgelehnt werden kann (vgl. HARTUNG 1984, 137).
Der Friedman-Test (Rangvarianzanalyse) stellt einen globalen Test für den Vergleich von mehr als zwei abhängigen Messungen dar. Als Vorraussetzung für die Anwendung dieses Testes müssen verbundene Stichproben vorliegen und alle Messwerte, mindestens ordinalskaliert, bekannt sein (vgl. BÖS 1985, 128). Ein Vorteil des Friedmann-Tests gegenüber parametrischen Verfahren besteht darin, dass er keine Normal-

verteilung voraussetzt und somit auch bei geringer Stichprobenanzahl angewendet werden kann.

Es kann die Nullhypothese: ‚Rangreihen unterscheiden sich bei den verschiedenen Bedingungen nicht', überprüft werden.

Mittels SPSS werden die Messwerte in Ränge transformiert, Rangsummen gebildet und die Prüfgröße errechnet. Diese wird dann auf Signifikanz überprüft (α=0.05). Von einem auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied spricht man, wenn der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau ist.

Die Formel des Friedman-Tests lautet:

$$CHI^2 = \frac{12\sum_{j=1}^{k} R_j^2}{Nk(k+1)} - 3N(k+1)$$

N= Anzahl der Versuchspersonen

k= Anzahl der abhängigen Stichproben

R_j= Summe der Rangzahlen in der j-ten Spalte

(BÖS 1985, 127f.)

Selbst wenn der Test die Nullhypothese widerlegt, kann jedoch noch nicht festgestellt werden, zwischen welchen Rangreihen Unterschiede bestehen. Bei Signifikanz können jedoch weitere, vorher geplante, statistische Prüfverfahren angewendet werden.

Der zweiseitige Wilcoxon-Signed-Rank-Test stellt ebenfalls ein Verfahren für verbundene Stichproben dar. Er ist ein verteilungsfreier Test, bei dem die Daten kardinales Messniveau besitzen und alle Messwerte bekannt sein müssen. Man prüft immer zwei abhängige Stichproben, mit dem Ziel herauszufinden, ob sich die beiden Messwertreihen signifikant voneinander unterscheiden. Es kann die Nullhypothese: ‚Zwei Stichproben unterscheiden sich bezüglich eines Merkmals nicht signifikant', überprüft werden. Dafür werden die Differenzen zwischen den beiden Stichproben gebildet und unabhängig vom Vorzeichen in Rangwerte transformiert. Bei Stichproben, die größer als N=25 sind, wird der errechnete T-Wert in einen z-Wert transformiert:

$$z = \frac{T - \frac{N(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}}$$

T= Teststatistik

N= Stichprobengröße

(vgl. BÖS 1985, 106f.)

Liegt ein multiples Testproblem vor, dient die Bonferroni-Holm-Methode dazu, dass multiple Testniveau von α=5% einzuhalten (vgl. HOLM 1979). Dazu werden die p-Werte der n Tests der Größe nach sortiert. Der kleinste p-Wert wird mit α/n verglichen, der zweitkleinste mit α/(n-1) u.s.w.. Sobald man einen p-Wert findet, der größer ist als das Niveau, mit dem er verglichen wird, werden die Ergebnisse der nachfolgenden Tests als nicht signifikant angesehen. Bei dieser Methode wird das globale Niveau von α eingehalten.

6.4.2 Prüfung der deskriptiven Ranglisten mittels analytischer Tests

Als Grundlage für die Tests werden nicht die Originaldaten benutzt, sondern die über 100 Datenpunkte gemittelten Werte für 30 Probanden (Beanspruchungsprofile). Bei der Erstellung der Aktivitätsverläufe wurde zu jedem der 100 Zeitpunkte des Zyklus' ein über das Probandenkollektiv gemittelter Wert zugeordnet.

In dieser Arbeit lautet die Nullhypothese, die sich auf die Beanspruchungsprofile bezieht: ‚Die Übungen bei einem Muskelanteil bzw. dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit unterscheiden sich nicht.'

In dieser Arbeit wird das Signifikanzniveau α auf 5% festgesetzt (vgl. BÜHL 1998, 111). Zur Widerlegung der Nullhypothese wird ein dreistufiges Testverfahren durchgeführt. Die einzelnen Testergebnisse sind auf Grund ihrer Fülle nicht an dieser Stelle eingefügt, sondern im Anhang zu finden.

Als globaler Test wird zunächst der Friedman-Test angewendet, um die Nullhypothese ‚Die Übungen bei einem Muskelanteil bzw. dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit unterscheiden sich nicht.’, zu überprüfen.
Diese Nullhypothese muss auch für den M. rectus abdominis lower part, die beiden schrägen Bauchmuskeln und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit formuliert und überprüft werden. Somit sind fünf Friedman-Tests notwendig.
Nach erfolgreicher Durchführung des Friedman-Tests (vgl. Anhang) werden die Daten im nächsten Schritt dem beidseitigen Wilcoxon-Signed-Rank-Test unterzogen (vgl. Anhang), um herauszufinden, zwischen welchen Übungen Unterschiede bestehen.
Pro Test werden immer zwei abhängige Stichproben, z. B. M. rectus abdominis upper part in Übung 1 und Übung 2, geprüft, um herauszufinden, ob sich die beiden Muskelanteile signifikant voneinander unterscheiden. Für dieses Beispiel lautet die Nullhypothese: ‚Übung 1 und Übung 2 unterscheiden sich für den M. rectus abdominis upper part nicht.’.
In dieser Arbeit liegen eine Vielzahl von Paaren abhängiger Stichproben vor. Es werden der obere und untere Anteil des geraden Bachmuskels sowie der innere und äußere schräge Bauchmuskel und der Bauchmuskel in seiner Gesamtheit betrachtet. Insgesamt sind daher für jeden Muskel 28 Paarvergleiche durchzuführen. Da vier Muskelanteile und der Gesamtbauchmuskel betrachtet werden, ergibt sich die Gesamtanzahl der Tests zu 5x28=140. Die Einzeltests sind im Anhang zu finden.

Da mehrere beidseitige Wilcoxon-Signed-Rank-Tests durchgeführt wurden, liegt ein mulitples Testproblem vor. Um das multiple Testniveau von α=5% einzuhalten, wird die Bonferroni-Holm-Methode verwendet (vgl. Anhang).
Die zusammengefassten relevanten Ergebnisse sind folgender Tabelle zu entnehmen. Details sind im Anhang wiederzufinden.

Nachstehende Tabelle enthält die signifikanten Ergebnisse.

Muskel/ -anteil	Übungen	p-Wert des Wilcoxon-Tests
M. rectus abdominis upper part	Üb. 1 u. Üb. 2	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 8	0,001
	Üb. 2 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 5	0,002
	Üb. 2 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 5	0,017
	Üb. 4 u. Üb. 6	0.002
	Üb. 4 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 7 u. Üb. 8	0,000
M. rectus abdominis lower part	Üb. 1 u. Üb. 2	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 5	0,007
	Üb. 3 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 7 u. Üb. 8	0,000
M. obliquus externus abdominis	Üb. 1 u. Üb. 2	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 8	0,049
	Üb. 2 u. Üb. 4	0,000

	Üb. 2 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 7	0,030
	Üb. 7 u. Üb. 8	0,032
M. obliquus internus abdominis	Üb. 1 u. Üb. 2	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 4	0,002
	Üb. 2 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 6	0,024
	Üb. 2 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 5	0,000
	Üb, 3 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 5 u. Üb. 7	0,002
	Üb. 5 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 6 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 7 u. Üb. 8	0,000
Gesamtbauchmuskel	Üb. 1 u. Üb. 2	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 3	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 1 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 3	0,001
	Üb. 2 u. Üb. 4	0,002
	Üb. 2 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 2 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 4	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 5	0,000
	Üb, 3 u. Üb. 6	0,000
	Üb. 3 u. Üb. 7	0,001
	Üb. 3 u. Üb. 8	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 5	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 7	0,000
	Üb. 4 u. Üb. 8	0,001

	Üb. 5 u. Üb. 6 Üb. 5 u. Üb. 7 Üb. 5 u. Üb. 8 Üb. 6 u. Üb. 7 Üb. 6 u. Üb. 8 Üb. 7 u. Üb. 8	0,000 0,002 0,000 0,000 0,000 0,000

Tab. 6.11: Signifikante Ergebnisse des Wilcoxon-Tests

Nach den Tests ergeben sich für die Übungen folgende Rangfolgen in Form von Balkendiagrammen. Die Übung mit dem höchsten Rangplatz stellt dabei die Übung mit der höchsten durchschnittlichen Innervation dar.

Da die analytischen Rangfolgen aus der Mittelung von Rängen der Übungen entstanden sind, die deskriptiven Ranglisten jedoch durch Mittelung der Meanwerte über das Probandenkollektiv (vgl. 6.2), sind die teilweisen Abweichungen im Vergleich der beiden Rangfolgen verständlich.

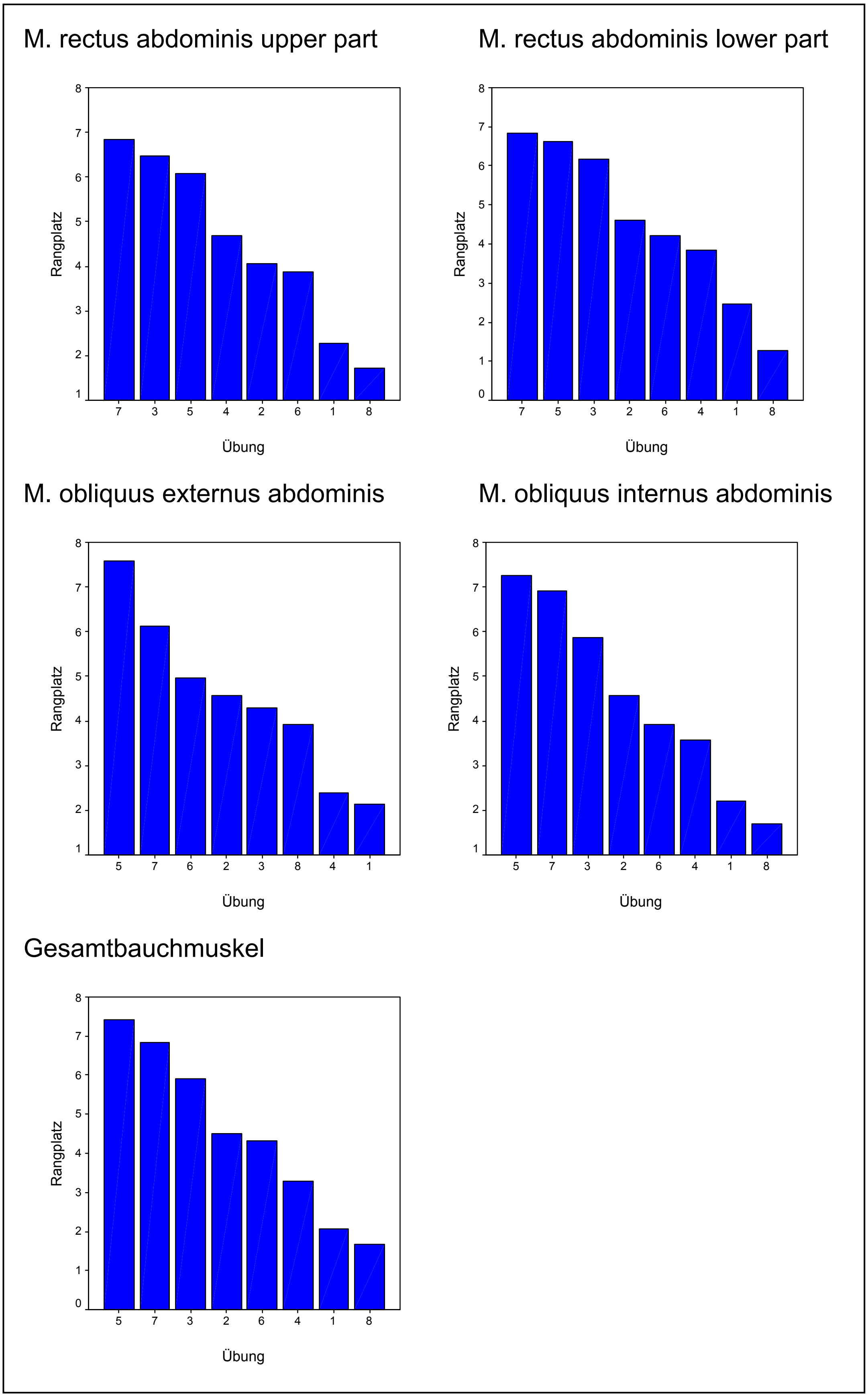


Abb. 6.17: Rangfolgen der vier Muskelanteile und des Gesamtbauchmuskels nach analytischer Prüfung

Es fällt auf, dass beim M. rectus abdominis upper part die Übungen 7, 3, 5 (absteigend nach ihrer Intensität nach geordnet) von den Rangplätzen her sehr nahe beieinander liegen. Zwischen Übung 5 und Übung 7 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (vgl. Abb. 6.17). Gleiches gilt auch für die Übungen 3 und 7 und für die Übungen 3 und 5.
Für die Übungen 2 und 4 sowie für die Übungen 2 und 6 sind ebenfalls keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Bei diesem Muskelanteil bestehen zwischen der deskriptiven und analytischen Darstellung keine Veränderungen in den Rangplätzen der acht Übungen.
Die Rangplätze des unteren Teil des geraden Bauchmuskels ähneln denen des oberen Anteils. Wiederum gibt es zwischen den Übungen 5 und 7 keine signifikanten Unterschiede. Auch für die Übungen 3 und 7 trifft dies zu. Die Übungen 2, 4 und 6 weisen alle keine signifikanten Unterschiede auf. Im Vergleich zur deskriptiven Rangliste (vgl. Tab. 6.9) befindet sich nach analytischer Prüfung der Übungen die Übung 7 an höchster Rangstelle und nicht die Übung 5. Darüber hinaus haben die Übungen 4 und 6 ihre Ränge getauscht.
Während bei den Anteilen der geraden Bauchmuskulatur die Übung 7 den höchsten Rangplatz erhält, ist es bei den schrägen Bauchmuskeln und dem Bauchmuskel als Gesamtheit die Übung 5.
Beim M. obliquus externus abdominis treten im Vergleich der Ränge zwischen der deskriptiven und analytischen Darstellung große Unterschiede auf: Während die deskriptive Rangliste die Plätze 3-6 in der Reihenfolge Übung 8, 6, 2 und 3 vergeben sind, ist die Reihenfolge bei der analytischen Darstellung Übung 6, 2, 3, und 8.
Beim M. obliquus internus abdominis und dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit bestehen zwischen der deskriptiven und analytischen Darstellung keine Veränderungen in den Rangplätzen der acht Übungen.
Am Bauchmuskel in seiner Gesamtheit lassen sich die Ränge in drei Gruppen gliedern. Die Übungen 5, 7, und 3 zeigen die höchsten Intensitäten und die Übungen 1 und 8 die niedrigsten. Dazwischen befinden sich die Übungen 2, 6 und 4.

6.4.3 Aktivitätsverläufe

Auf eine Überprüfung der Nullhypothese ‚Alle Übungen eines Muskelanteils bzw. des Bauchmuskels in seiner Gesamtheit sind in ihren Aktivitätsverläufen gleich.' wird an dieser Stelle verzichtet. Der zu betreibende Aufwand wäre nicht mit den zu erwartenden Ergebnissen zu rechtfertigen, da schon mit Hilfe der deskriptiven Statistik deutlich wird, dass sich die Aktivitätsverläufe der Übungen eines Muskelanteils bzw. des Bauchmuskels in seiner Gesamtheit bis auf Übung 8 unter Berücksichtigung der hohen Variabilität eher wenig unterscheiden. Um dies noch deutlicher herauszustellen, sind im Folgenden für jeden Muskelanteil bzw. den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit neben den Verläufen der acht Übungen die doppelte positive und negative Standardabweichung der Übung 8 (rot gestrichelt) und die Übung 8 selbst (rot durchgehend) eingezeichnet.

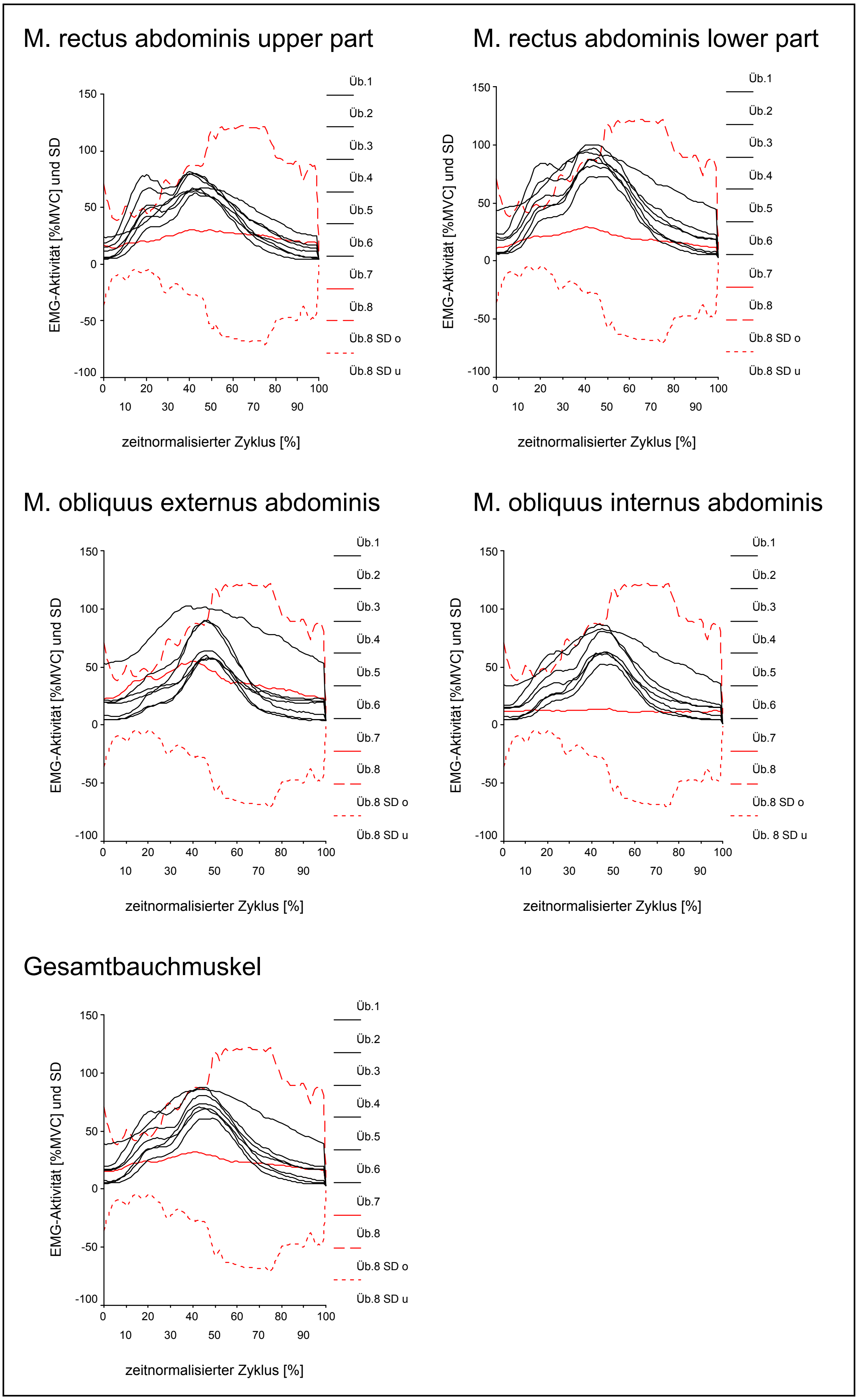


Abb. 6.18: Aktivitätsverläufe der acht Übungen mit doppelter positiver und negativer Standardabweichung der Übung 8

Der Mittelwertsverlauf von Übung 8 scheint sich von den anderen Mittelwertsverläufen stark zu unterscheiden. Zieht man jedoch die extrem hohe Variabilität (in den Graphiken dargestellt als 2-fache Standardabweichung von der Mittelwertskurve) in Betracht, so relativiert sich dieser scheinbare Unterschied.
Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die acht Übungen in ihren Aktivitätsverläufen nicht stark unterscheiden.

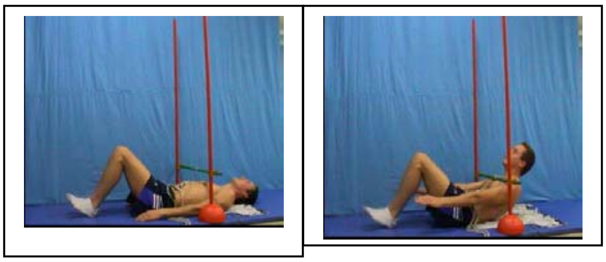
6.5 Acht EMG und videogestützt analysierte Fit-Karten zu Bauchmuskelübungen

Als Layoutvorlage dienten die Entspannungs-Fit-Karten von F. Marquart. Links ist die Fit-Karten-Vorderseite, rechts die Rückseite dargestellt.
Die zwei schon bestehenden Fit-Karten werden leicht modifiziert dargestellt, die sechs weiteren neu erstellt. Dabei ist die Nummerierung der Fit-Karten mit den untersuchten Übungen identisch. Diese Fit-Karten stellen zunächst noch Entwürfe dar. Die Übungen könnten mit aussagekräftigen Namen versehen oder unter dem Gesichtspunkt der Intensitätszunahme durchnummeriert werden. Für Beauftragte des Konzeptes könnten zusätzlich die in dieser Übung erreichten MVC Werte der einzelnen Muskelanteile bzw. des Bauchmuskel in seiner Gesamtheit angegeben werden, um noch einen genaueren Einblick in die durch diese Übung beim Bauchmuskel hervorgerufene Belastung zu erhalten. Ein schwerpunktmäßiges Training eines Muskels kann so auch ermöglicht werden (z. B. des M. obliquus externus abdominis bei Übung 8).
Wie die Übung ausgeführt werden soll und worauf darüber hinaus zu achten ist, orientiert sich an den in dieser Untersuchung zu Grunde gelegten Übungsbeschreibungen (vgl. 5.6.4).
Zur Häufigkeit der Wiederholungen werden zwei ‚Dosierungsangaben' gemacht. Zum einen sollen Wiederholungszahlen als Orientierungsangaben dienen und zum anderen die subjektive Einschätzung der Belastung als neues Kriterium mit eingeführt werden. Sie ist in dieser Arbeit bei der Analysierung der Übungen erhoben worden und zeigte deutliche Übereinstimmungen mit den tatsächlichen Innervationswerten. Die Wiederholungsangaben sind über das der Untersuchung vorgeschaltete Expertenrating erhoben worden (vgl. 5.1.4) und decken sich weitest gehend mit den Werten von EHLENZ et al. (1998, 108 ff.), GROSSER et al. (2001, 62 ff.) und BOECKH-BEHRENS/BUSKIES (2001, 43 ff.) (vgl. 2.4.3.2).
Unter jedem Fit-Karten-Entwurf sind die MVC-Werte in Prozent angegeben, mit denen die entsprechenden Muskelanteile im Durchschnitt bei der je-

weiligen Übung über das Probandenkollektiv gemittelt, innerviert wurden. Der Wert ‚Gesamt' stellt die durchschnittliche Innervation aller abgeleiteten Muskelanteile dar.

6.5.1 Bauchmuskel-Fit-Karte 1

Übung 1



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, Arme gestreckt neben dem Körper, Kniewinkel 90°, Fersen in den Boden drücken
- ⇨ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen; die Arme dabei in Hüfthöhe nach vorne schieben
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 8-12 mal wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ⇨ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.19: Fit-Karte 1: Vorder - und Rückseite

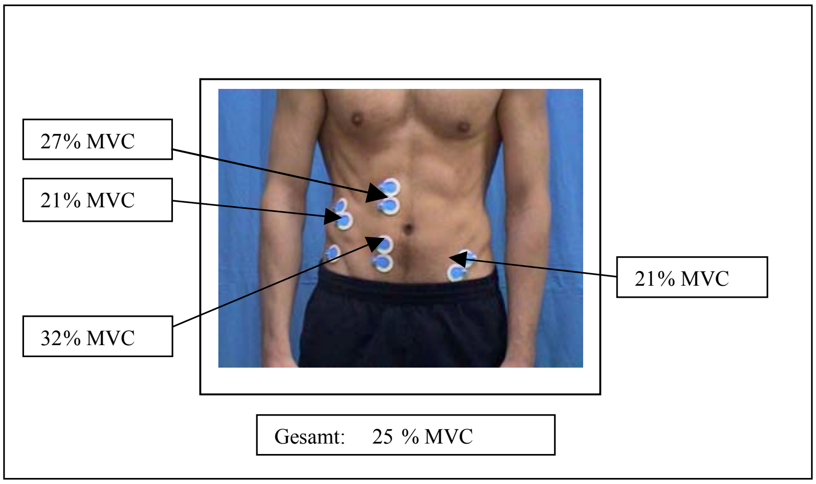
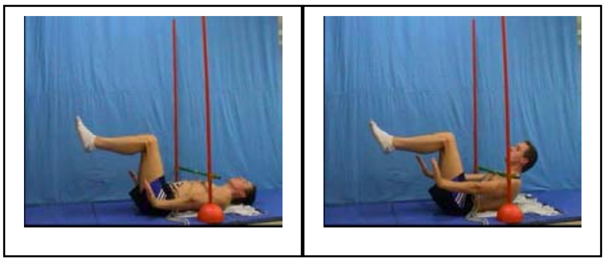


Abb. 6.20: Fit-Karte 1: durchschnittliche MVC-Werte

6.5.2 Bauchmuskel-Fit-Karte 2

Übung 2



Wie?

- ➪ in Rückenlage, Arme gestreckt neben dem Körper, Kniewinkel 90°, Unterschenkel parallel zum Boden, Hüftwinkel 90°
- ➪ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen; mit den Händen in Hüfthöhe dabei eine imaginäre Wand wegschieben
- ➪ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ➪ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ➪ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ➪ 10 mal wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ➪ täglich

Worauf noch achten?

- ➪ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ➪ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ➪ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ➪ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ➪ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.21: Fit-Karte 2: Vorder- und Rückseite

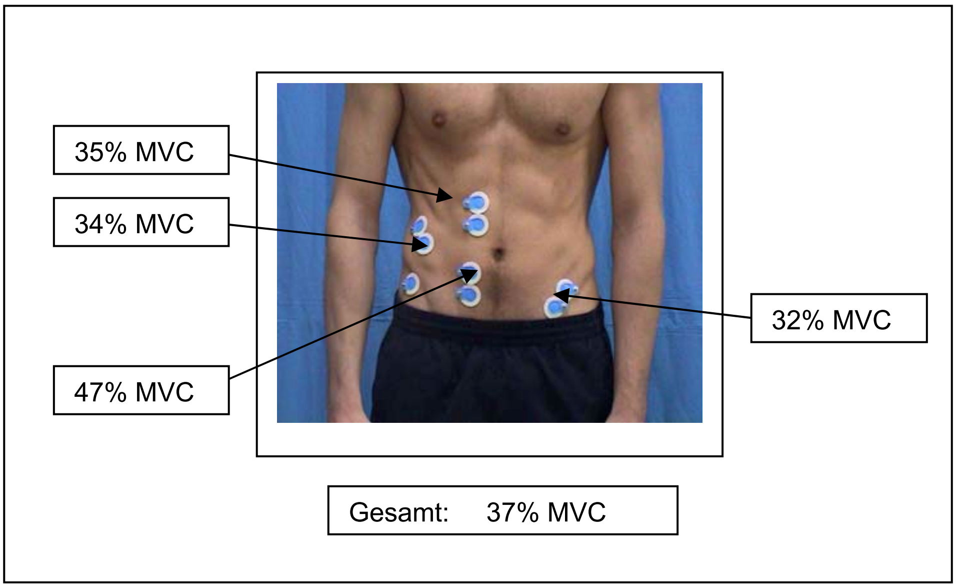
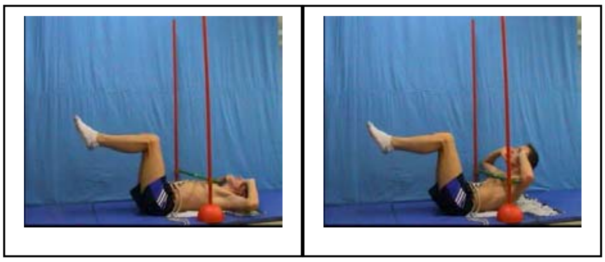


Abb. 6.22: Fit-Karte 2: durchschnittliche MVC-Werte

Bauchmuskel-Fit-Karte 3

Übung 3



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, Finger an den Schläfen und nach außen zeigende Ellenbogen, Kniewinkel 90°, Unterschenkel parallel zum Boden, Hüftwinkel 90°
- ⇨ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 20 mal wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ⇨ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ⇨ Ellenbogen beim Aufrichten des Oberkörpers nicht nach vorne führen
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.23: Fit-Karte 3: Vorder- und Rückseite

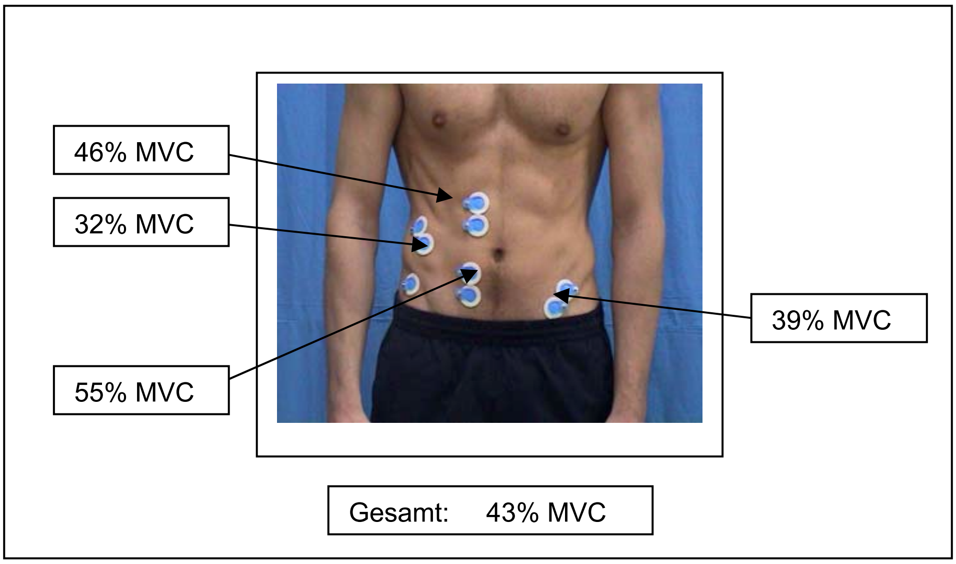
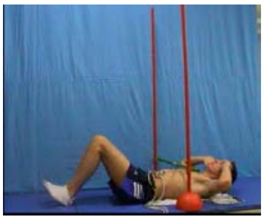


Abb. 6.24: Fit-Karte 3: durchschnittliche MVC-Werte

6.5.3 Bauchmuskel-Fit-Karte 4

Übung 4



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, Finger an den Schläfen halten; Ellenbogen zeigen nach außen, Kniewinkel 90°, Fersen in den Boden drücken
- ⇨ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 15 mal wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ⇨ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ⇨ Ellenbogen beim Aufrichten des Oberkörpers nicht nach vorne führen
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.25: Fit-Karte 4: Vorder- und Rückseite

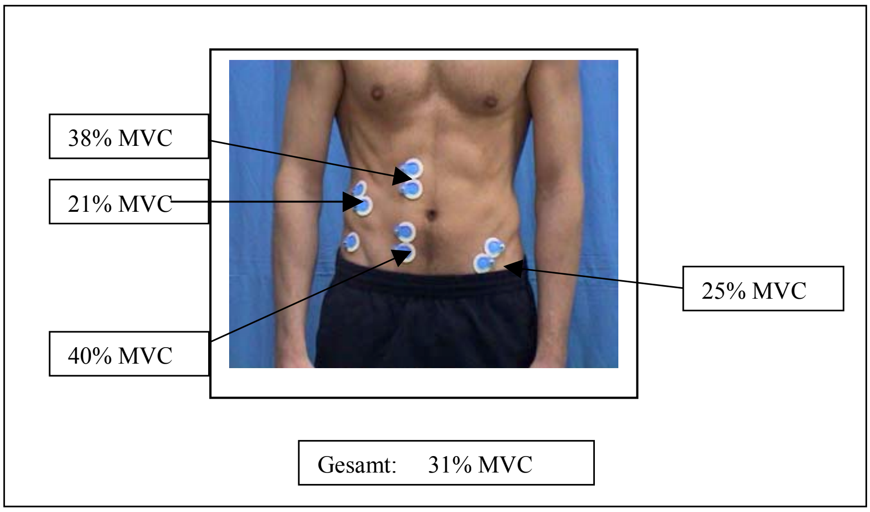
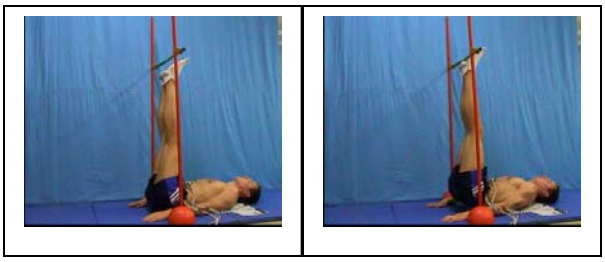


Abb. 6.26: Fit-Karte 4: durchschnittliche MVC-Werte

Bauchmuskel-Fit-Karte 5

Übung 5



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, Arme gestreckt neben dem Körper; 90° Hüftwinkel, Beine zeigen möglichst gestreckt Richtung Decke
- ⇨ durch Anspannung der Bauch- und Gesäßmuskulatur das Gesäß einige Zentimeter vom Boden anheben
- ⇨ Oberkörper und Kopf bleiben liegen

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 10 mal wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ beim Gesäßanheben aus- und beim Ablegen wieder einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung ohne Schwung
- ⇨ Arme nicht zum Hochdrücken benutzen
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.27: Fit-Karte 5: Vorder- und Rückseite

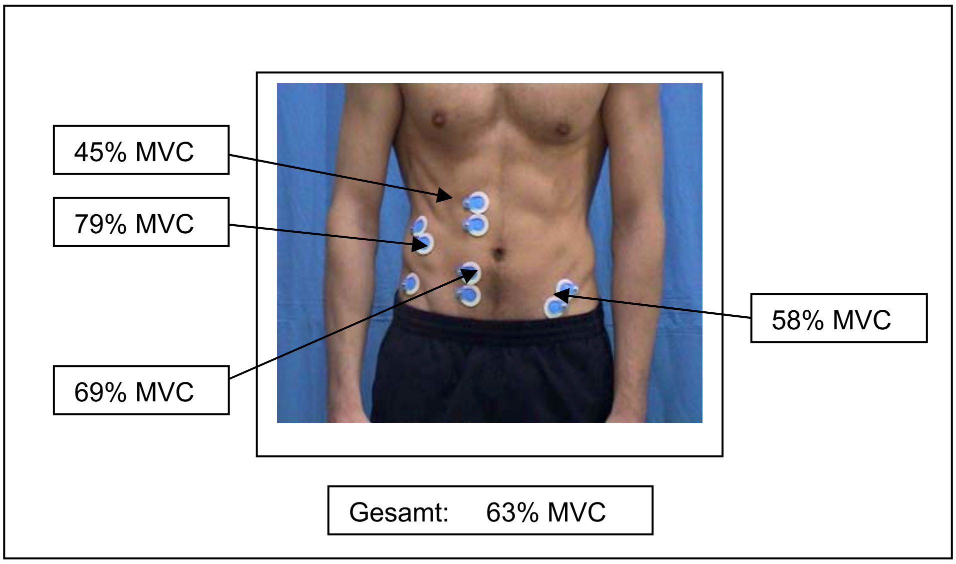
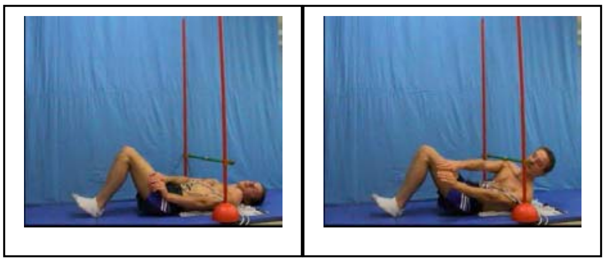


Abb. 6.28: Fit-Karte 5: durchschnittliche MVC-Werte

Bauchmuskel-Fit-Karte 6

Übung 6



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, beide Arme zu einer Körperseite gestreckt, Kniewinkel 90°, Fersen in den Boden drücken
- ⇨ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen; Arme dabei am Körper entlang nach vorne schieben
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 6-12 mal pro Seite wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen, bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ⇨ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.29: Fit-Karte 6: Vorder- und Rückseite

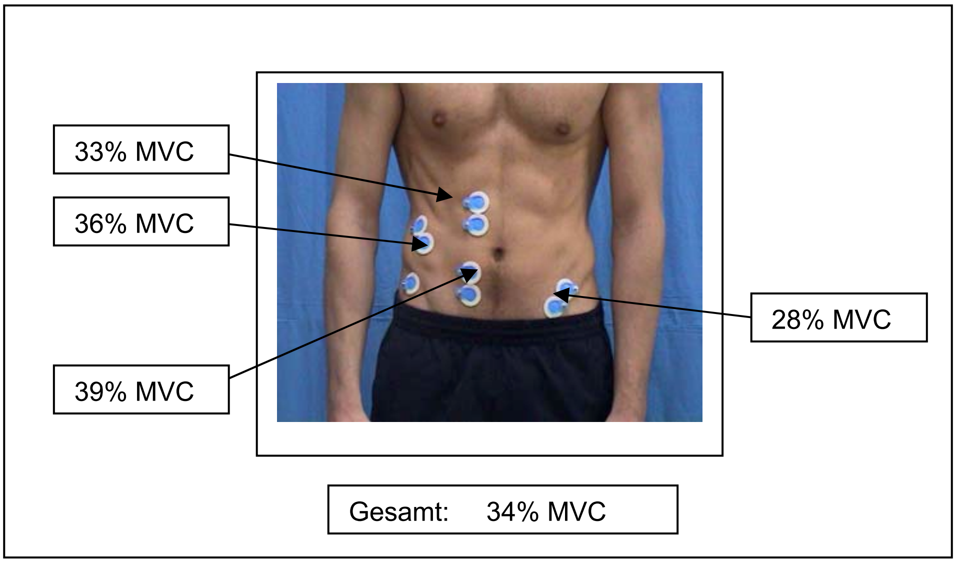
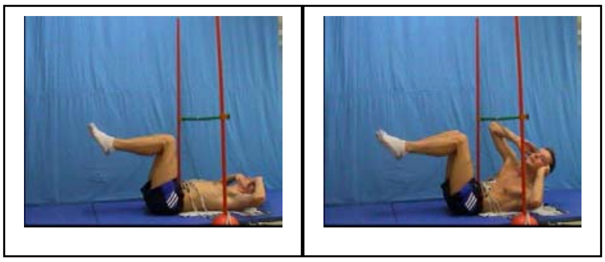


Abb. 6.30: Fit-Karte 6: durchschnittliche MVC-Werte

Bauchmuskel-Fit-Karte 7

Übung 7



Wie?

- ⇨ in Rückenlage, Finger an den Schläfen halten; Ellenbogen zeigen nach außen, Kniewinkel 90°, Unterschenkel parallel zum Boden, Hüftwinkel 90%
- ⇨ Oberköper soweit aufrichten, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen und dabei mit der einen Schulter sich dem entgegen gesetzten Knie annähern (kurzes Halten von mittlerer Position)
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen (schräg an die Decke blicken); unterer Rückenbereich bleibt auf dem Boden

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 10 mal pro Seite wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen, bis ein Belastungsempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ mit dem Aufrichten des Oberkörpers aus- und beim Ablegen einatmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nach jeder Wiederholung die Schultern, nicht jedoch den Kopf ablegen
- ⇨ zunächst bis zu einer mittleren Position aufrichten, dann bis zur Endposition
- ⇨ Ellenbogen beim Aufrichten des Oberkörpers nicht nach vorne führen
- ⇨ auf die Oberkörperrotation beim Aufrichten achten
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.31: Fit-Karte 7: Vorder- und Rückseite

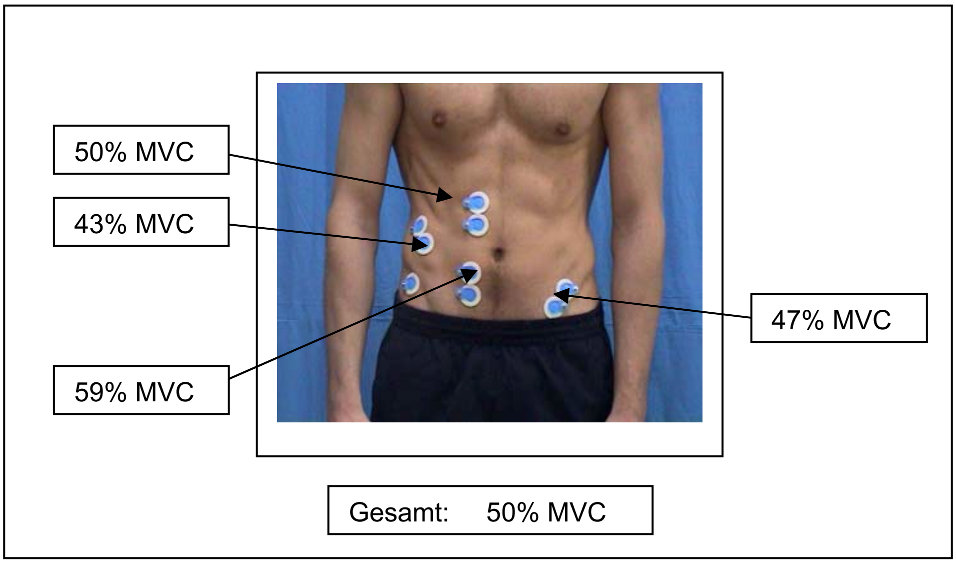
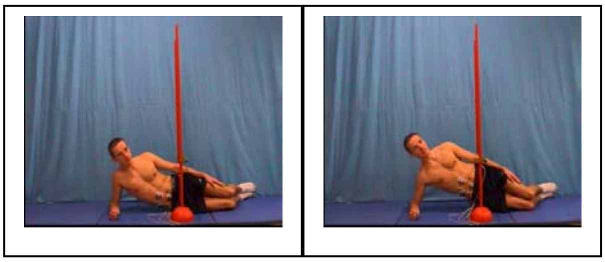


Abb. 6.32: Fit-Karte 7: durchschnittliche MVC-Werte

Bauchmuskel-Fit-Karte 8

Übung 8



Wie?

- ⇨ Seitlage, Kniewinkel 90°
- ⇨ Becken soweit anheben, dass Oberschenkel und Rumpf eine Gerade bilden, Winkel zwischen Oberarm und Rumpf 90°
- ⇨ Kopf in Verlängerung der Wirbelsäule lassen

Wofür?

- ⇨ Kräftigung der Bauchmuskulatur

Wo und Wann?

- ⇨ in der Freizeit / zu Hause

Wie häufig?

- ⇨ 15 mal pro Seite wiederholen bzw. so viele Wiederholungen ausführen, bis ein Belastungempfinden von mittel-schwer vorliegt; danach 1-3 Minuten Pause und auf gleiche Weise noch 2x verfahren
- ⇨ täglich

Worauf noch achten?

- ⇨ gleichmäßig weiteratmen
- ⇨ ruhige und korrekte Bewegungsausführung
- ⇨ nicht mit dem Becken nach vorne oder hinten ausweichen
- ⇨ nach Übungsende lang strecken und tief in den Bauch ein- und ausatmen

Abb. 6.33: Fit-Karte 8: Vorder- und Rückseite

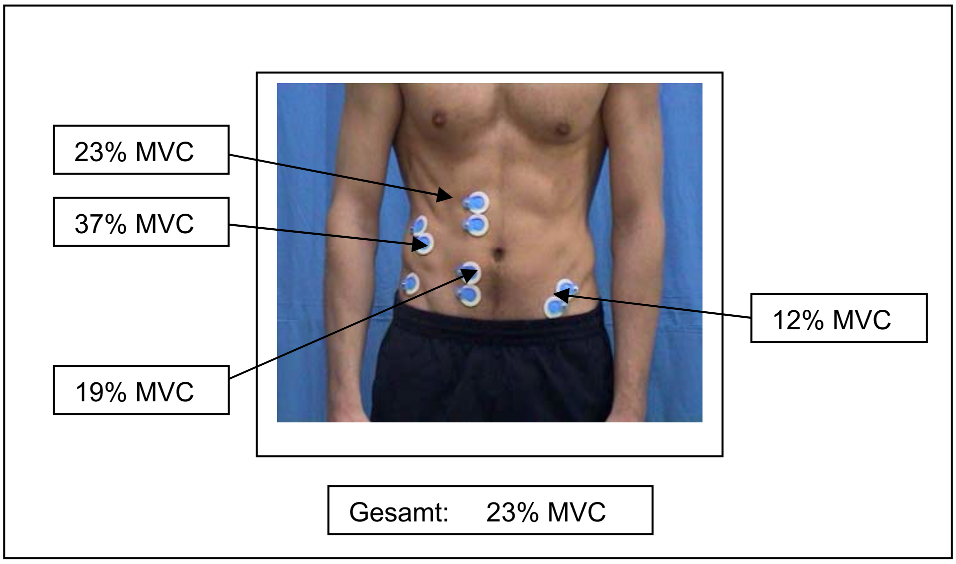


Abb. 6.34: Fit-Karte 8: durchschnittliche MVC-Werte

7 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der acht untersuchten Bauchmuskelübungen analysiert und interpretiert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse haben ihre Gültigkeit daher zunächst nur für dieses untersuchte Probandenkollektiv.
In der Darstellung der Ergebnisse werden zunächst für jede einzelne Übung die Muskeln bzw. Muskelanteile mit ihren Innervationen in Form von Beanspruchungsprofilen und Aktivitätsverläufen beschrieben.
Die Diskussion ist übungsübergreifend und vergleichend aufgebaut. Sie wird nach Muskelanteil bzw. dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit strukturiert.
Daran schließt sich ein Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit Daten ausgewählter bereits publizierter Untersuchungen zur Bauchmuskulatur an. Letztendlich werden in den methodenkritischen Anmerkungen Probleme aufgezeigt, die im Laufe der Arbeit auftraten.

7.1 Diskussion der Übungen

Wie schon in der Darstellung der Ergebnisse beschrieben, sind die Aktivitätsverläufe aller Übungen mit Ausnahme der Übungen 5 und 8 in ihrem Erscheinungsbild in den Aktivitätsverläufen sehr ähnlich. Sie zeigen jedoch deutliche Differenzen in den Belastungsnormativa auf. Neben den Ähnlichkeiten in den neuromuskulären Innervationsstrukturen der verschiedenen Bauchmuskelanteile treten bei den Übungen mit Oberkörperflexion die Aktivitätsmaxima kurz vor bzw. im Bereich des Umkehrpunkts auf.
Auch die Standardabweichungen sind in ihrem zeitlichen Verlauf bei den genannten Übungen ähnlich. Die geringen Unterschiede zwischen den Übungen 1, 2, 3, 4, 6 und 7 sind auf die Ähnlichkeit in der Bewegungsausführung zurück zuführen. Bei diesen Übungen handelt es sich um Flexionsübungen des Oberkörpers.
Die bei den Übungen 6 und 7 durchgeführte zusätzliche Oberkörperrotation beim Aufrichten des Rumpfes findet keinen Ausdruck in Form einer

Abweichung vom Bild der Aktivitätsverläufe bei gerader Ausführung (Übungen 1, 2, 3, 4).

Zur besseren Veranschaulichung, sind die acht untersuchten Übungen mit ihren Aktivitätsverläufen und Standardabweichungen im Folgenden für jeden Muskelanteil bzw. den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit getrennt dargestellt worden. Die Kurvenverläufe setzen sich aus 100 Datenpunkten (gemittelt über 30 Probanden) zusammen. Auf der y-Achse ist die EMG-Aktivität in % MVC bzw. die Standardabweichung und auf der x-Achse der zeitnormalisierte Zyklus angegeben.

7.1.1 M. rectus abdominis upper part

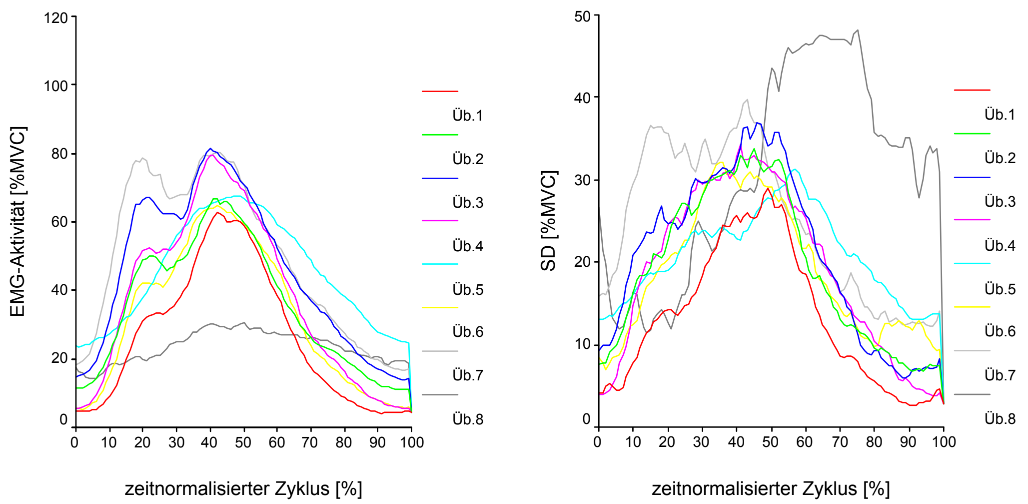


Abb. 7.1: Aktivitätsverläufe (links) aller acht Übungen sowie die zugehörigen Standardabweichungen (rechts) des M. rectus abdominis upper part im Vergleich

Die Aktivitätsverläufe des M. rectus abdominis upper part weisen in den Übungen 1, 2, 3, 4, 6 und 7 alle annähernd bei etwa 20% der Zeit im zeitlichen Verlauf ihr erstes Plateau und bei etwa 40% der Zeit ihr absolutes Maximum auf. Die erste Plateauphase wird durch die Orientierung der Probanden am Metronomtakt hervorgerufen. Die Probanden halten beim ersten Metronomschlag instinktiv kurz inne, bevor sie die Flexion bis zur geforderten Höhe (Schulterblätter vom Boden abgehoben) ausführen. Durch das kurze Verweilen wird die Spannung mit

leicht ansteigendem Niveau gehalten. Gemäß dem Aktivierungsniveau lassen sich die aufgeführten Übungen beim M. rectus abdominis upper part in zwei Gruppen unterteilen:
Zur Gruppe 1 gehören von ihrer Belastungsintensität aufsteigend geordnet, die Übungen 1, 6 und 2. Im Maximum liegen sie mit etwa 60% MVC bis 62% MVC sehr nahe beieinander. In der ersten Plateauphase streuen die Werte jedoch deutlich stärker (Übung 1 mit 44% MVC und Übung 2 mit bis 54% MVC). Diese Streuung könnte eventuell durch unterschiedliche Ausgangsstellungen hervorgerufen werden.
Die Übungen der Gruppe 2 (Übungen 3, 4, 7) haben im Maximum mit einem Beanspruchungsniveau von etwa 80% MVC deutlich höhere Werte als Gruppe 1. Dabei sind die Maxima der erzielten Werte der Übungen 4 und 7 mit 80% MVC identisch. Auch bei Gruppe 2 sind in der ersten Plateauphase größere Niveaudifferenzen zwischen den Übungen festzustellen (Übung 4: 50% MVC; Übung 7: 75% MVC).
Die Unterschiede des Beanspruchungsniveaus zwischen den zwei Gruppen sind meiner Ansicht nach auf die unterschiedlichen Hebelverhältnisse zurückzuführen. Bei Gruppe 1 sind die Hebel gering, da die Arme bei der Rumpfflexion seitlich am Körper nach vorne geführt werden. Bei Gruppe 2 befinden sich die Hände an den Schläfen, so dass erschwerte Hebelverhältnisse vorliegen.
Die Ergebnisse lassen meines Erachtens nach den Schluss auf einen Einfluss der Beinstellung auf das Beanspruchungsniveau einer Übung zu: Vergleicht man das Beanspruchungsniveau des geraden Bauchmuskels in den Übungen 1 und 2, die sich in der Übungsausführung nur durch eine abweichende Beinstellung von einander unterscheiden, so lässt sich das höhere Beanspruchungsniveau bei Übung 2 darauf zurückführen, dass die Knie um 90° gewinkelt sind und die Unterschenkel parallel zum Boden gehalten werden müssen, so dass die Bauchmuskulatur hier schon aktiv innerviert werden muss. Bei Übung 1, bei der bei gleichem Kniewinkel die Fersen in den Boden gedrückt werden, kann der M. psoas stärker mitarbeiteten (vgl. McGILL 1997, 453), wodurch der Einsatz der Bauchmuskulatur bei der Übungsbewältigung geringer ausfällt.

Damit lässt sich auch erklären, warum insbesondere beim unteren Anteil des geraden Bauchmuskels in Übung 1, im Vergleich zu Übung 2, niedrigere Werte im Beanspruchungsniveau erzielt wurden.
Eine Besonderheit weist die Übung 7 auf. Bereits auf mittlerem Niveau (erster Metronomtakt, Schulterblätter zur Hälfte vom Boden gelöst) werden schon fast maximale Werte beim M. rectus abdominis erreicht. Um diese Tatsache auch für das Training zu nutzen, ist es sinnvoll, auf der Fit-Karte eine zusätzliche Angabe zur Bewegungsausführung zu machen. Der Oberkörper soll über ein kurzes Verweilen in der Mittelposition soweit angehoben werden, dass sich die Schulterblätter vom Boden lösen.
Der M. rectus abdominis upper part der Übung 5 weist zwar ebenfalls an der gleichen Stelle wie die anderen Übungen das Maximum auf, ist vom Verlauf aber bis zum Maximum stetig steigend und danach abfallend. Übung 8 fällt durch das durchgehend niedrige Beanspruchungsniveau auf (23% MVC) bei gleichzeitig extrem hoher Standardabweichung (Maximalwerte von über 40%). Darüber hinaus befinden sich bei dieser Übung die größten Standardabweichungen in der zweiten Phase der Übung, in der das Becken Richtung Boden abgesenkt wird. Bei den Übungen 1-7 sind die größten Standardabweichungen zeitlich um den Umkehrpunkt herum zu finden.

7.1.2 M. rectus abdominis lower part

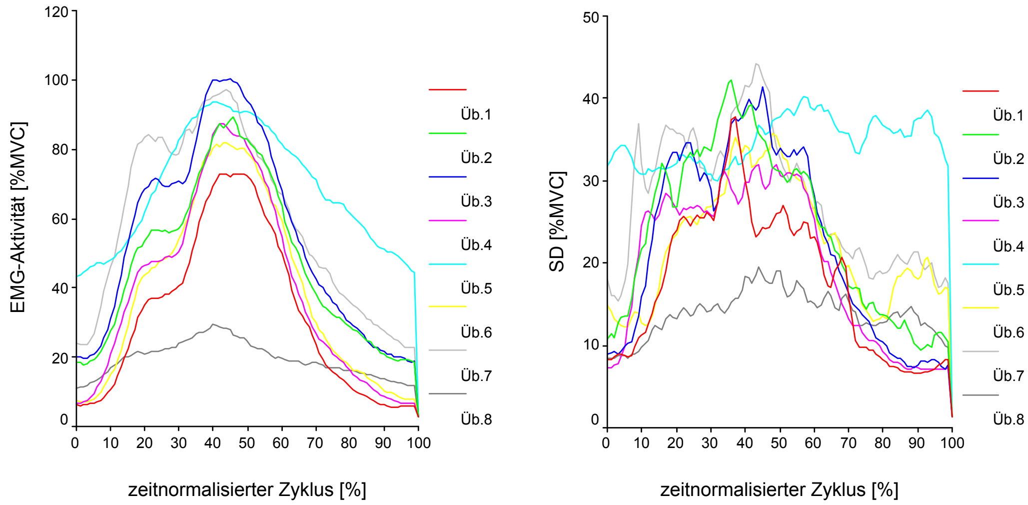


Abb. 7.2: Aktivitätsverläufe (links) aller acht Übungen sowie die zugehörigen Standardabweichungen (rechts) des M. rectus abdominis lower part im Vergleich

Die Aktivitätsverläufe des M. rectus abdominis lower part zeigen in den Übungen 1, 2, 3, 4, 6 und 7, wie schon beim M. rectus abdominis upper part beschrieben, das charakteristische Verlaufsmuster mit einer Plateauphase und einem Maximum. Bei diesem Muskelanteil weist das Maximum eine leichte Rechtsverschiebung auf. Diese Rechtsverschiebung des Maximums lässt sich für die sechs Flexionsübungen so deuten, dass in der ersten Phase der Rumpfflexion der obere Anteil stärker und zu einem späteren Zeitpunkt der untere Anteil stärker beansprucht wird. Das Beanspruchungsniveau im Maximum variiert zwischen den Übungen stärker, als dies bei dem oberen Anteil des geraden Bauchmuskels der Fall war.

Das Beanspruchungsniveau dieses Muskelanteils ist bei allen Übungen, mit Ausnahme der Übung 8, höher als bei dem oberen Anteil des geraden Bauchmuskels. Der untere Anteil des geraden Bauchmuskels muss, dadurch dass er näher zum Becken lokalisiert ist, mehr Rumpfmasse heben als der obere Anteil. Dies kann auch eine Erklärung sein für die höheren in dieser Untersuchung gemessenen Innervationen als beim oberen Anteil des geraden Bauchmuskels.

Auffällig ist, dass der untere Teil des geraden Bauchmuskels bei Übung 4 im Vergleich zum oberen Anteil zwar einen höheren Peakwert zeigt (87% MVC zu 80% MVC), jedoch zu Übungen 7 und 3 ein deutlich geringeres Niveau aufweist. In Übung 5 kann beim M. rectus abdominis lower part der drittgrößte Peakwert aller acht Übungen mit 94% und die größte durchschnittliche Beanspruchung mit 63% erzielt werden.

Trotz ihres ähnlichen Verlaufsmusters sind doch Unterschiede zwischen den beiden Muskelanteilen des geraden Bauchmuskels in den acht Übungen festzustellen, die sich insbesondere in der Höhe des Beanspruchungsniveaus (oberer Anteil < unterer Anteil) äußern. Diese Unterschiede finden auch in den Werten der Standardabweichungen ihren Ausdruck. Dabei sticht Übung 5 mit sehr hohen Standardabweichungen zwischen 33% und 37% hervor. Übung 8 zeigt für den M. rectus abdominis lower part die niedrigsten Standardabweichungen.

Die großen Diskrepanzen zwischen den Standardabweichungen des oberen und unteren Anteils des geraden Bauchmuskels bei Übung 8 könnten durch die Übungsausführung begründet werden. Der obere Anteil des Bauchmuskels ist dem Schultergürtel näher gelegen, als der untere und könnte somit durch eine abweichende Stellung des Oberkörpers von der Idealposition (Oberkörper weicht nach vorne bzw. hinten aus) Intensitätsunterschiede herrvorufen. Da im Bereich des unteren geraden Bauchmuskels die Bewegungsamplitude kleiner ist, ist davon auszugehen, dass die Abweichungen in diesem Muskelanteil geringer ausfallen.

Bei Übungen, die mit einer Oberkörperrotation (Übungen 6, 7) einhergehen und von denen im Alltaggebrauch angenommen wird, dass sie für das Training der schrägen Bauchmuskulatur eingesetzt werden sollen, lässt sich insbesondere für Übung 7 feststellen, dass sie von der Belastungsintensität weit mehr erfordert als andere, explizit für das Training der geraden Bauchmuskulatur, ausgegebene Übungen. Für den oberen Anteil der geraden Bauchmuskulatur weist sie den höchsten und für den unteren Anteil den zweit höchsten Peakwert aller acht Übungen auf. Mit einer durchschnittlichen Belastung von 50% MVC beim oberen Anteil ist sie ebenfalls die Beanspruchendste. Beim unteren Anteil des geraden Bauchmuskels ist die durchschnittliche Beanspruchung nur in Übung 5 noch höher.

7.1.3 M. obliquus externus abdominis

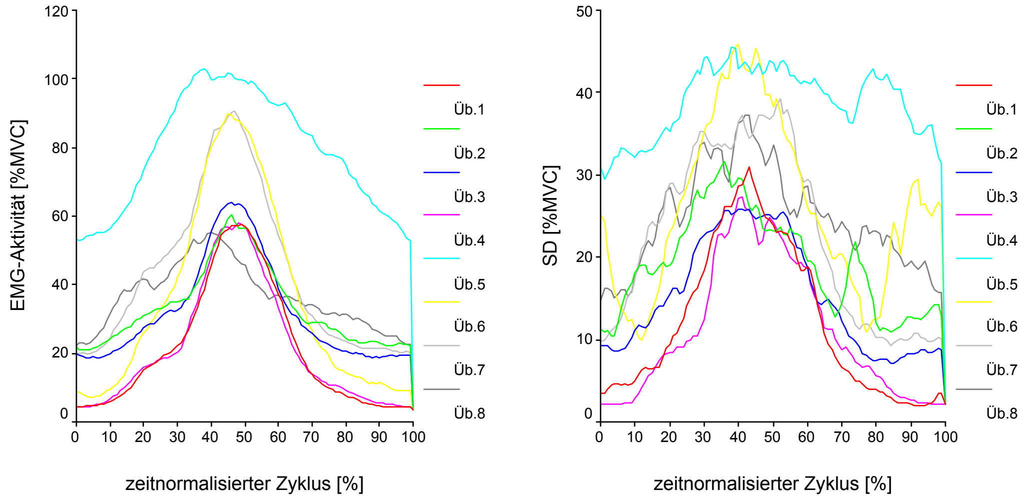


Abb. 7.3: Aktivitätsverläufe (links) aller acht Übungen sowie die zugehörigen Standardabweichungen (rechts) des M. obliquus externus abdominis im Vergleich

Die Aktivitätsverläufe des M. obliquus externus abdominis weisen zwar in vielen Übungen Ähnlichkeiten zu den schon zwei beschriebenen Muskelanteilen auf, haben aber auch ihre Besonderheiten.

Insgesamt ist die erste Plateauphase dieses Bauchmuskelanteils bei allen Flexionsübungen nicht so ausgeprägt wie bei den vorher erläuterten. Bei Übung 1, 4, 7 und 8 ist sie zu erkennen. Bei den andern Übungen entfällt sie.

Im Gegensatz zu den anderen Muskelanteilen ist beim M. obliquus externus abdominis bei Übung 6 mit 90% MVC der zweithöchste Peakwert aller Übungen (Übung 5 mit 103% MVC als höchsten Peakwert) zu erkennen. Bei den schon beschriebenen Muskelanteilen liegt diese Übung sonst bei den Peakwerten an sechster Stelle. Dieser hohe Spitzenwert wird wahrscheinlich durch die Rotation des Oberkörpers und durch die dadurch verstärkte Aktivierung dieses Muskelanteils hervorgerufen. Die Übung 7 als zweite Übung mit Oberkörperrotation hat zwar mit 89% einen minimal geringeren Peakwert, jedoch auf Grund des längeren Hebels (Fingerspitzen an den Schläfen) eine größere Gesamtinnervation über den Übungsverlauf. Ihr Meanwert liegt bei 43% MVC, der von Übung 6 bei 36% MVC. Neben den belastenderen Hebelverhältnissen bei Übung 7 können die etwas höheren Innervationen auch noch durch die Beinhaltung mitbedingt sein (s. o. Unterschenkel parallel zum Boden > Fersen in den Boden drücken). Welcher Einflussfaktor hier die stärker Einfluss nehmende Rolle spielt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Während die Aktivitätsverläufe der Übung 8 in den beiden Anteilen des geraden Bauchmuskels und des inneren schrägen Bauchmuskels weitgehend linear sowie auf einem Durchschnittsniveau von etwa 20% MVC verlaufen (Ausnahme OIA mit 12% MVC), weist der M. obliquus externus abdominis bei einem Durchschnittswert von 37% MVC den Verlauf auf, der sonst für die Flexionsübungen charakteristisch ist: Nach einer anfänglichen Steigungsphase liegt beim Aktivitätsverlauf ein leicht aufsteigendes Plateau vor, gefolgt vom nächsten Anstieg bis zum Maximum, um dann wieder bis zum Ausgangsniveau abzusinken. Die Übung 8, die gemäß Experteneinschätzung (vgl. 5.1.4) für den äußeren schrägen Bauchmuskel besonders zu empfehlen ist, zeigt für diesen Muskelanteil messbar höhere Innervationen als für die anderen Muskelanteile. Dies könnte man mit der anatomischen Lage des Muskels begründen (vgl. 2.2.3.2). Der Muskel entspringt von den Rippen und alterniert dort mit den Zacken des M. serratus anterior. Der serratus anterior hat unter anderen die Aufgabe, die Scapula an den Brustkorb zu pressen und hilft bei der Rumpfstabilisierung. Auf Grund der seitlichen Lage, die in der Übung eingenommen werden muss, ist die Stabilisierungsfunktion durch diesen Muskel notwendig. Sie wird durch den äußeren schrägen Bauchmuskel noch unterstützt, insbesondere dann, wenn das abgesenkte Becken angehoben und dadurch Rumpf und Beine in eine Linie gebracht werden. Dennoch ist Übung 8 bei den erzielten Durchschnittswerten für den M. obliquus externus abdominis im Mittelfeld anzusiedeln (drei der untersuchten Übungen zeigen höhere, vier niedrigere Meanwerte).

Bei Übung 5 werden im Vergleich zu allen anderen Übungen der höchste Peak- (103% MVC) und die höchsten Meanwerte (79% MVC) für den Muskel erreicht. Von allen Muskeln bzw. Muskelanteilen und allen Übungen ist der in Übung 5 erzielte Peakwert für den M. obliquus externus abdominis der höchste. Ein Erklärungsansatz könnte in der Stabilisierungsfunktion (s. o.) dieses Muskels liegen. Werden die senkrecht hoch gestreckten Beine durch Kraft der Bauchmuskulatur so weit nach oben gebracht, dass das Gesäß den Bodenkontakt verliert, so muss gleichzeitig ein Ausweichen der Beine nach vorne, hinten bzw. zur Seite verhindert werden. Bei dieser Stabilisierungsaufgabe wird der äußere schräge Bauchmuskel beansprucht. Zusätzlich muss er zusammen mit den anderen Bauchmuskelanteilen das Aufrichten des Beckens und Abheben des Gesäßes vom Boden ermöglichen. Diese Doppelbeanspruchung könnte die hohen Mean- und Peakwerte bedingen.
Ein weiterer Erklärungsansatz könnte im Henneman'schen-Größenordnungsprinzip begründet sein. Es besagt, dass die unterschiedlichen Motoneurone gemäß ihrer Rekrutierungsschwellen nacheinander rekrutiert werden (vgl. 2.1.5). Da die Ausführung der Übung 5 im Vergleich zu den anderen Übungen den doppelten Metronomtakt zeigt, könnte es infolge der zeitlichen Verdichtung der Rekrutierung zu einer von Beginn an nahezu gleichzeitigen Erfassung aller motorischen Einheiten kommen (Synchronisation). Die Rekrutierungsreihenfolge wird somit fast analog durchlaufen, wodurch ein ganzer Neuronenpool in Form eines MU-Summenpotentials erfasst wird (Da es sich um Oberflächenelektroden handelt, werden mehrere MUs erfasst.). GROSSER et al. (2001, 57) gehen bei Explosivkraftentfaltung von einer vollen Rekrutierung bei 25 Prozent der Maximalkraft aus. Eine weitere Kraftsteigerung kann somit nur noch über Frequenzierung und Synchronisierung erreicht werden (vgl. GROSSER et al. 2001, 57). Mit zunehmender Anspannungsgeschwindigkeit werden auch Motoneurone mit hoher Rekrutierungsschwelle aktiviert, wodurch insgesamt die Anzahl der rekrutierten Motoneurone und damit die Kraftentwicklung steigt (vgl. EHLENZ et al. 1998, 38f.) Vor diesem Theoriehintergrund könnte man meiner Meinung nach auch die in dieser Übung erreichten hohen Frequenzen und MVC-Werte interpretieren. Wenn man

darüber hinaus bedenkt, dass zwei Drittel der Gesamtkraft aus der Frequenzierung und nur ein Drittel aus der Rekrutierung resultieren (vgl. GROSSER et al. 2001, 57), erscheint der Erklärungsversuch für das auftretende Phänomen plausibel.

Die großen Standardabweichungen über den gesamten Übungsverlauf sind nicht verwunderlich, da bei der Bewegungsausführung der Übung 5 starke Abweichungsmöglichkeiten in der Bewegungsausführung bestehen können (Beine nicht ganz gestreckt, Ausweichbewegung der Beine, Schwung, Armunterstützung).

7.1.4 M. obliquus internus abdominis

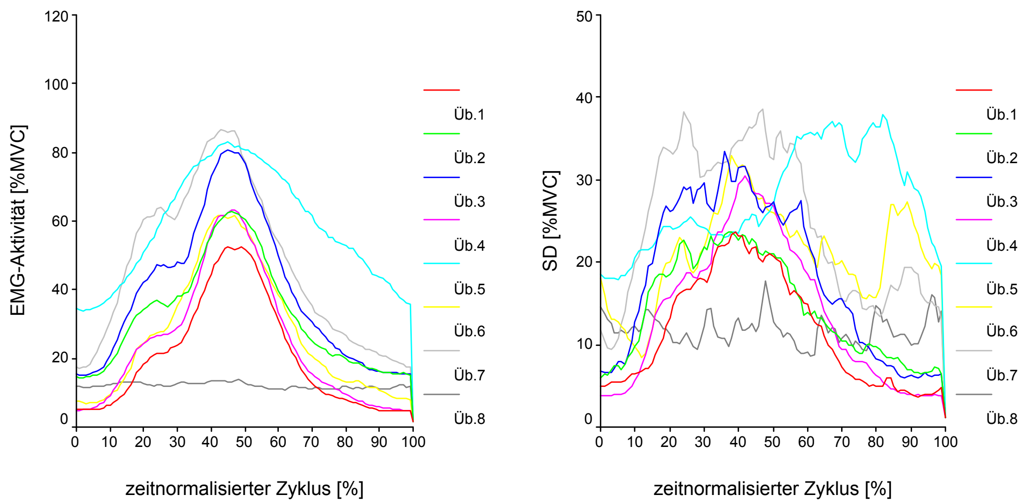


Abb. 7.4: Aktivitätsverläufe (links) aller acht Übungen sowie die zugehörigen Standardabweichungen (rechts) des M. obliquus internus abdominis im Vergleich

Die Aktivitätsverläufe des M. rectus abdominis upper part weisen in den Übungen 1, 2, 3, 4, 6 und 7 alle annähernd bei etwa 20% der Zeit im zeitlichen Verlauf ihr erstes Plateau und bei etwa 45% der Zeit ihr absolutes Maximum auf. Damit sind sie mit denen des M. rectus abdominis lower part so gut wie deckungsgleich. Auch beim inneren schrägen Bauchmuskel weichen wieder die Übungen 5 und 8 in ihrem Kurvenverlauf aus den oben erwähnten Gründen von den anderen ab. Die anderen sechs Übungen liegen jedoch im Beanspruchungsniveau niedriger als beim unteren Anteil des geraden Bauchmuskels. Ihre Reihenfolge im Beanspruchungsniveau entspricht der des unteren Anteils des geraden Bauchmuskels. Es sind dieselben Übungen (Übung 7, 5, 3), bei denen die höchsten Peak- und Meanwerte (47% MVC, 58% MVC, 39% MVC) erzielt werden.

Das Beanspruchungsniveau des inneren schrägen Bauchmuskels ist aus den schon oben erläuterten Gründen bei Übung 1 niedriger als bei Übung 2.

7.1.5 Gesamtbauchmuskel

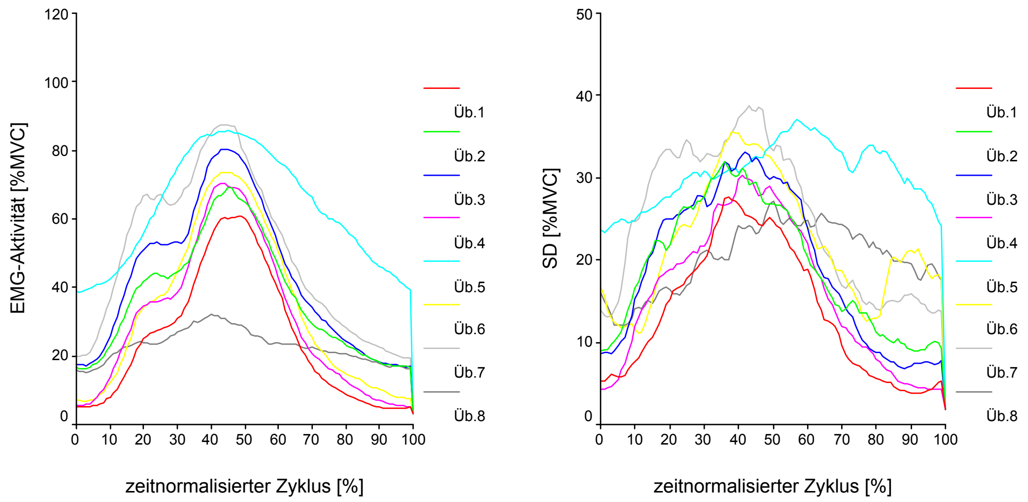


Abb. 7.5: Aktivitätsverläufe (links) aller acht Übungen sowie die zugehörigen Standardabweichungen (rechts) des Gesamtbauchmuskel im Vergleich

Da die Aktivitätsverläufe ‚Gesamtbauchmuskel ' eine Mittelung aus den einzelnen Muskelanteilen der Übungen 1-8 sind, zeigen sie bei den Übungen 1, 2, 3, 4, 6, und 7 auch die gleiche Tendenz. Ein erstes bei 20% der Zeit beginnendes und ansteigendes Plateau sowie ein absolutes Maximum kurz vor der Hälfte des zeitnormalisierten Zyklus charakterisieren diese Übungen.

Übung 5 zeigt das größte Beanspruchungsniveau, wenn auch Übung 7 bei Mittelung aller Muskelanteile den höchsten Peakwert hervorbringt. Übung 8 hat die geringste durchschnittliche Innervation.

Übung 2 im Vergleich zu Übung 1 und Übung 7 im Vergleich zu Übung 6 weisen jeweils in allen Muskelanteilen bzw. dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit eine größere Anfangsinnervation auf. Diese erhöhte Anfangsinnervation könnte auch auf die Beinstellung zurückzuführen sein. Während bei Übungen 1 und 6 die Fersen Bodenkontakt haben, müssen in den Übungen 2 und 7 die Beine parallel zum Boden gehaltenen werden. Allein diese Ausgangsposition erfordert den Einsatz der Bauchmuskulatur, wodurch sich die hohen Anfangsinnervationswerte erklären lassen.

Für jeden der Muskelanteile müssen die Aussagen dahingehend relativiert werden, dass die Aktivitäten der darunter liegenden Muskeln auch mit in die Messungen eingegangen sind. Welchen Anteil sie ausmachen, kann jedoch in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden.
Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass während der Flexionsphase auch innere Widerstände der passiven Strukturen überwunden werden müssen (vgl. McGILL 1995, 191), wodurch interindividuelle Unterschiede in den Innervationsmustern entstehen können. Massenträgheits-, Feder- und Dämpfkräfte des Bänder-, Sehnen- und Muskelapparates werden als innere Widerstände zusammengefasst (vgl. GÖBLEL 1996, 14).
Man darf nicht vergessen, dass die Gesamtkraft des Muskels sich immer aus der Summe der Kraft der kontraktilen Elemente und der passiven Kraft der parallelelastischen Anteile zusammensetzt(vgl. GROSSER 2001, 52f.).
Viele funktionsymnastische Übungen sind infolge zu geringer Innervation der Zielmuskulatur, insbesondere bei leistungsfähigeren Menschen, für ein Krafttraining nicht geeignet (vgl. WYDRA 2002, 6). Die untersuchten potentiellen Fit-Karten-Übungen ermöglichen jedoch ein Training im Ausdauerkraftbereich bzw. ein submaximales Kraftausdauertraining (vgl. 6.5).

7.2 Vergleich der Übungen mit Befunden aus ausgewählter Literatur

EKHOLM et al. (1979, 75 ff.) haben bei ihren untersuchten Crunches (Curl-up genannt; bis 45° Oberkörperflexion) in den Bauchmuskelanteilen Werte von bis zu 50% MVC erreicht. Dies trifft auch auf die Untersuchungen dieser Arbeit zu. Bei der Fit-Karten-Übung 7 wird vom Bauchmuskel in seiner Gesamtheit eine durchschnittliche Innervation von 50% MVC erreicht. Für den M. rectus abdominis lower part sind es sogar 59% MVC. In der Fit-Karten-Übung 3 werden vom demselben Muskelanteil noch 55% MVC erreicht. Bei Fit-Karten-Übung 2 sind es auch noch 47% MVC.

Drei der 20 Übungen in der Übungsrangliste von BOECK-BEHRENS/BUSKIES (2001, 125 ff.) haben große Ähnlichkeiten mit den vorliegenden Fit-Karten-Entwürfen. Der Twisted Crunch mit den Händen an den Ohren entspricht bis auf die Beinhaltung (45° Kniewinkel) Übung 7. Der gerade Crunch mit nach vorne gestreckten Armen ist mit Übung 2 identisch. Der Twisted Crunch mit gestreckten Armen nach vorne unterscheidet sich zwar in der der Beinhaltung von Übung 6 (Fersen nicht in den Boden gedrückt), aber ansonsten ist die Bewegungsausführung identisch. Sowohl für den oberen als auch für den unteren geraden Bauchmuskel sowie die schräge Bauchmuskulatur sind diese Übungen der Intensität nach gleich angeordnet: Der Twisted Crunch mit den Händen an den Ohren weist innerhalb der Rangliste immer einen niedrigeren Rangplatz ($\cong$ höherer Innervation) als der gerade Crunch mit nach vorne gestreckten Armen. Dieser wiederum hat eine noch niedrigere Rangnummer als der Twisted Crunch mit nach vorne gestreckten Armen.

Diese Rangfolge der Belastungsintensität deckt sich für den M. rectus abdominis upper und lower part mit dieser Untersuchung (Übungen 7, 2 und 6). Dahingegen zeigt der M. obliquus externus abdominis für Übung 6 eine höhere Belastungsintensität als für Übung 2. Das ist in der Studie von BOECK-BEHRENS/BUSKIES nicht der Fall ist. Der Unterschied kann jedoch auch durch die unterschiedliche Beinhaltung hervorgerufen worden sein.

In der Folgeuntersuchung (BOECK-BEHRENS/BUSKIES 2002) erhielt der gerade Crunch mit nach vorne gestreckten Armen (≅ Übung 2) für die Mm. rectus abdomines upper und lower part sowie für die Komplexwirkung des Bauchmuskels einen höheren Rangplatz als der Twisted Crunch mit Armen diagonal nach vorne. Diese Übung unterscheidet sich jedoch in der Beinhaltung von der Übung 6 der vorliegenden Untersuchung. Auch in dieser Untersuchung erreicht der gerade Crunch (Übung 2) für die M. rectus abdomines upper und lower part höhere Innervationen als der Twisted Crunch mit Armen diagonal nach vorne (Übung 6).

Für den schrägen Bauchmuskel erreicht der Twisted Crunch eine höhere Innervation als der gerade. Das trifft auch für den M. obliquus internus in dieser Untersuchung zu, nicht jedoch für den äußeren schrägen Bauchmuskel.

Die Aussage von BOECK-BEHRENS/BUSKIES (2001, 136), dass gerade Crunchvarianten auch die schräge Bauchmuskulatur aktivieren und umgekehrt Übungen für schräge Bauchmuskeln die geraden Bauchmuskeln aktivieren, wurde in einer Folgeuntersuchung bestätigt (vgl. BOECK-BEHRENS / BUSKIES 2002, 80, 110) und lässt sich auch durch diese Untersuchung bekräftigen. Die Aussage, dass Übungen mit Seitrotation auch hohe Innervationen bei den geraden Bauchmuskeln hervorrufen, wurde auch schon zu einem früheren Zeitpunkt von EKHOLM et al. gemacht (EKHOLM 1979). Die Ergebnisse der analytisch ausgewerteten Rangfolgen der meiner Untersuchung zeigen für den geraden Bauchmuskel sowohl im oberen als auch im unteren Anteil mit Übung 7 eine gedrehte Variante, die die Rangfolge der acht Übungen anführt. Auf der anderen Seite zeigt Übung 5 für die schrägen Bauchmuskeln und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit die größten Innervationen auf. Übung 3 hat hinter den Übungen 5 und 7 für den M. obliquus internus abdominis mit dem drittgrößten Rangfolgenplatz eine hohe Position obwohl sie keine gedrehte Crunchvariante ist.

Aus der Untersuchung von 30 Bauchmuskelübugnen, die z. T. gerätegestützt sind und sich deutlich von den hier vorliegenden unterscheiden, treffen BOECK-BEHRENS/BUSKIES die Aussage: “Die Top-Übungen für den geraden Bauchmuskel sind auch die Top-Übungen für die schrägen Bauchmuskeln."(BOECK-BEHRENS/BUSKIES 2002, 80) Diese Aussage konnte hier bestätigt werden: Übungen 5 und 7 sind die Übungen, die für alle Bauchmuskelanteile die höchsten Innervationen hervorrufen (vgl. 6.4.2).

Dennoch ist ebenfalls die Aussage: „Obwohl fast alle Bauchmuskelübungen eine komplexe Wirkung haben, ist es sinnvoll, gerade und gedrehte Crunchvarianten durchzuführen, um alle Muskelteile optimal zu trainieren." (BOECK-BEHRENS / BUSKIES 2002, 93) bestätigt. Da sich je nach Übung auch für die einzelnen Anteile Unterschiede in der Höhe der Muskelspannung ergeben, können beim Training durchaus Akzente gesetzt werden (vgl. BOECK-BEHRENS / BUSKIES 2002, 70).

Übungen 5 und 7 zeigen Komplexwirkungen auf. Bei Übung 3 (gerader Crunch) und Übung 6 (gedrehte Variante) lassen sich pro Muskelanteil individuelle Rangplatzverschiebungen feststellen. Übung 8, die aus der Expertenbefragung als empfehlenswerte Übung für den äußeren schrägen Bauchmuskel hervorging als empfehlenswerte Übung angegeben wurde (vgl. 5.1.4), liegt zwar bei allen anderen Muskelanteilen auf dem letzten Rangplatz, lässt aber für den ausgewählten Anteil eine höhere Innervation erkennen. Sie ist somit in besonderem Maße zum Training der äußeren schrägen Bauchmuskulatur geeignet (vgl. deskriptive Rangliste unter 6.2).

Nach der Untersuchung „Distribution of tissue loads during a variety of daily and rehabilitation tasks" von McGILL (1997, 453) gibt es keine von ihm untersuchte Bauchmuskelübung, die gleichermaßen gut alle Anteile des Bauchmuskels trainiert. Dasselbe betont er zusammen mit AXLER ebenfalls in der Studie „Low back load over a variety of abdominial exercises: searching for the safest abdominial challenge" (1997, 804 ff.). Sie kommen zu dem Schluss, dass eine Übung nicht generell für alle Personen gleicher Maßen geeignet ist, auch wenn sie ein gutes Challenge-to-compression-Verhältnis aufweist. Die Übungen sind vielmehr unter Berücksichtigung individueller Faktoren auszuwählen (Trainingsziel, Fitnesszustand, Krankengeschichte usw.). Generell gilt, dass eine hohe Innervation der Bauchmuskulatur auch mit einer entsprechenden lumbalen Belastung einhergeht (vgl. AXLER / McGILL 1997, 807). Die von den Autoren als CSTF-Curl-up bezeichnete Übung, die der Fit-Karten-Übung 1

mit einer kleinen Abweichung entspricht (Füße sind flach aufgesetzt), wird unter dem challenge-to-compression-Verhältnis als sehr empfehlenswert eingestuft. Dasselbe gilt auch für den dynamic cross-knee Curl-up, der mit der Fit-Karte 7 identisch ist (vgl. AXLER / McGILL 1997, 807). Von den 12 Übungen, in der von AXLER und McGILL durchgeführten Studie, gab es keine Übung, die für alle abgeleiteten Bauchmuskelanteile die Beste darstellte (vgl. AXLER / McGILL 1997, 809). In der hier vorliegenden Arbeit sind die Fit-Karten-Übungen 5 und 7 zusammen genommen die Übungen, die bei allen Bauchmuskelanteilen und dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit die höchste Innervation hervorrufen.
Zwischen den Untersuchungen von BOECK-BEHRENS / BUSKIES (2001; 2002) und der vorliegenden besteht darüber hinaus der Konsens, dass sich die Intensität von Crunches durch eine leicht modifizierte Armposition verändern lässt. Somit erreichen Crunches mit nach vorne gestreckten Armen (z. B. Übung 2) eine geringere Innervation als Varianten mit Fingern an den Schläfen und nach außen zeigenden Ellenbogen (z. B. Übung 3) (vgl. 6.4.2).
Laut KONRAD et al. (1999, 704) wird durch das Anheben des Beckens gegen den Oberkörper die Muskelinnervation der Rumpfflexoren gesteigert. Diese Aussage kann durch die vorliegende Studie bekräftigt werden, da Übung 5, eine Übung, in der das Becken angehoben wird, sich bei allen Bauchmuskelanteilen und dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit auf den Rangplätzen eins oder zwei befindet. Ebenso kann in dieser Untersuchung die Aussage von KONRAD et al. (1999) bestätigt werden, dass insbesondere bei der Lateralflexion und dem Hip Lift die Standardisierung problematisch ist.

Die in dieser Untersuchung ermittelten, höheren Werte des M. rectus abdominis lower part im Vergleich zum upper part weichen von den Messungen BOECK-BEHRENS/BUSKIES (2001, 125 ff.) ab. Die beiden Autoren geben an, dass in der Regel beim oberen Anteil etwas höhere Messwerte erzielt werden können als beim unteren, insbesondere wenn der Rumpf aufgerollt wird (BOECKH-BEHRENS 2002, 69 f.). Bei den

Messungen wurde keine MVC-Normalisierung eingesetzt. In dieser Arbeit jedoch sehr wohl.
Dasselbe Ergebnis wird von GUTIN und LIPETZ in einer Untersuchung von Sit-ups, Curl-ups und weiteren Bauchmuskelübungen festgestellt (vgl. GUTIN / LIPETZ 1971, 256 ff.). Auch EKHOLM et al. (1979, 75 ff.) stellen ähnliche Unterschiede in der Innervation der beiden geraden Bauchmuskelanteile fest. FLINT (1994 224 ff.) zeigt auf, dass, obwohl die Innervationsmuster des oberen und unteren geraden Bauchmuskels sehr ähnlich sind, je nach Bedingungen aber Unterschiede festzustellen sind. Bei Sit-ups ohne Fixierung der Füße wird der obere Anteil der Bauchmuskulatur stärker innerviert als der untere, wobei die Hauptinnervation innerhalb der ersten 45° der Oberkörperflexion auftritt. Werden die Füße jedoch fixiert, so wird der untere Teil des Bauchmuskels stärker innerviert (vgl. FLINT 1964, 232).
BERZIN et al. (1997, 491 ff.) zeigen, dass der obere Anteil des geraden Bauchmuskels tendenziell stärkere, elektrische Potentiale aufweist als der mittlere und untere Anteil. Für vier der von den Autoren untersuchten sieben Bauchmuskelübungen konnten signifikante Unterschiede zwischen den Probanden und den Übungen bezüglich der drei Muskelanteile festgestellt werden. Die erste der sieben untersuchten Übungen der Studie, die bis auf die Fußposition (Sohlen flach aufgesetzt) mit der Fit-Karten-Übung 4 identisch ist, gehört jedoch nicht zu den signifikanten Übungen. In Fit-Karten-Übung 4 wird der untere Anteil des geraden Bauchmuskels stärker innerviert als der obere (47% MVC / 38% MCV).
McGILL und LEHMAN fanden in ihrer 2001 veröffentlichten Untersuchung heraus, dass die Unterschiede zwischen dem oberen und unteren geraden Bauchmuskelanteil nach EMG-Normalisierung so klein sind, so dass sie keine praktische Relevanz besitzen (vgl. LEHMANN 2001, 1096). LEHMAN und McGILL verweisen auf Sarti et al., die unterschiedliche Aktivitäten vom oberen und unteren Anteil des geraden Bauchmuskels gemessen haben. Dabei handelte es sich um dynamische Übungen der Rumpfmuskulatur und Gliedmaßen. Die Autoren begründen das Zustandekommen der gemessenen Unterschiede durch Ausgleichsbewegungen während der Bewegung, Muskellängenveränderung und Veränderungen in der Krüm-

mung der Wirbelsäule. LEHMAN und McGILL räumen jedoch ein, dass, wie in der Studie von Sarti gezeigt wurde, durchaus die Möglichkeit besteht, dass bei einzelnen Personen die Bauchmuskelanteile durch die gleiche Übung unterschiedlich innerviert werden.
Die stark von einander differierenden Ergebnisse zeigen, dass noch Klärungsbedarf in diesem Bereich besteht. Es lässt sich aber der generelle Trend erkennen, dass die Innervation des Bauchmuskels und seiner Anteile relativ Versuchspersonen abhängig ist.

7.3 Methodenkritische Anmerkungen

Die Untersuchungstechnik Elektromyographie stellt auf Grund der Signalentstehung (stochastischer Natur), der Erfassung (Messungen im µV-Bereich) und Weiterleitung (Problematik der Ableitungsbedingungen) sowie weiterer möglicher Störgrößen ein anspruchsvolles Verfahren dar (vgl. 3.4, 3.5; 3.7.3). Darüber hinaus müssen für die Aussagekraft und den Interpretationsgehalt des EMG-Signals gewisse Faktoren beachtet werden (vgl. 3.7). Trotz vieler zu beachtender Faktoren im Analyseverfahren bietet das kinesiologische EMG dennoch eine praktikable Möglichkeit an, um Erkenntnisse über Bewegungsgenerierungen zu erlangen, die nicht allein auf biomechanischen Modelltheorien oder Expertenwissen gründen, sondern auf Informationen basieren, die direkt vom „Ausführungsorgan“ Muskel stammen (vgl. KRAKOR 2001, 84).

7.3.1 Hautproblematik und Elektrodenapplikation

Da die Elektrodenplatzierung Einfluss auf die Messergebnisse hat, ist es wichtig, dass sie bei jedem Probanden in gleicher Weise vorgenommen wird und über den gesamten Messzeitraum unverändert bleibt. Dabei stellt nicht so sehr die Lokalisation der Applikationsstellen das Problem dar, sondern vielmehr das Erreichen einer Nulllinie mit geringem Hintergrundrauschen zu Messbeginn.
Bei einem Großteil des Probandenkollektivs konnten nach entsprechender Hautbehandlung, wie in Kapitel 5.5.5 beschrieben, die Elektroden ange-

bracht und fixiert sowie die Messungen mit akzeptablen Nulllinien begonnen werden. Es gab aber auch Probanden, bei denen infolge schlechter Nulllinien nach der ersten Elektrodenapplikation eine bzw. mehrere erneute Hautbehandlungen und das Kleben neuer Elektroden nötig waren, um akzeptable Grundströme zu erzielen. Dennoch konnten bei diesen Probanden nie optimal dünne Nulllinie erreicht werden. Kabel- und Kanalstörungen konnten durch Cross-Schaltung in diesen Fällen ausgeschlossen werden. Es ist daher davon auszugehen, dass der Hauttyp für diese Störgröße verantwortlich ist.

Kausalzusammenhänge von schlechten Ableitungsbedingungen mit Fettanteil oder Geschlecht ließen sich dabei aber nicht feststellen, da beispielsweise bei einer sehr muskulären Frau als auch bei einer Probandin in nicht so trainiertem Zustand und mit höherem Fettanteil die gleichen Nulllinienprobleme auftraten. Dasselbe Phänomen trat ebenfalls bei den männlichen Probanden auf. Es fiel auf, dass bei all diesen Probanden nach dem Aufwärmen bessere Nulllinien ermittelt wurden, als unmittelbar nach der Elektrodenapplikation.

Da bei Bauchflexionsübungen mitunter große Hautbewegungen stattfinden, ist die Gefahr des Ablösens der Elektroden bei der Übungsausführung besonderes groß. Als weiterer erschwerender Faktor kommt hinzu, dass die meisten Probanden schwitzten und dadurch trotz vorheriger Elektrodenfixierung mit Tape das Ablösen der Elektroden nur durch erneutes, großzügiges Tapekleben zwischen den Übungen verhindert werden konnte.

7.3.2 MVC-Tests

Wie schon in Kapitel 5.7 und 5.8 erläutert, werden die in den MVC-Tests erhobenen Werte bei der Bearbeitung der Rohdaten als Vergleichsgröße für alle acht Bauchmuskelübungen herangezogen. Die muskuläre Aktivität wird prozentual zum MVC-Wert angegeben. Um eine aussagekräftige Interpretation der Messergebnisse zu ermöglichen, sind genaue MVC-Testwerte unverzichtbar. Problematisch ist jedoch, dass bis jetzt noch keine evaluierten Studien zu MVC-Tests, die eine maximale Innervation bestimmter Muskeln ermöglichen, vorliegen. Dies erschwert den Vergleich von Studien. Die in dieser Studie verwendeten MVC-Tests sind zwar vielfach erprobt, aber dennoch konnte nicht für alle Muskelanteile bei allen Probanden eine maximale Beanspruchung der Muskulatur hervorgerufen werden. Dies wird vor allem daran deutlich, dass einige Probanden in den eigentlichen Übungen höhere Werte als bei der MVC-Messung erzielten. Der über das Probandenkollektiv gemittelte supramaximale Peakwert des M. obliquus externus abdominis der Übung 5 mit 103% MVC spiegelt dieses Problem exemplarisch wieder. Z. B. schlagen GUTIN und LIPETZ (1971, 262) vor, die MVC-Tests erst nach einigen Messungen zumachen, um dadurch höhere Werte erzielen zu können. An dieser Stelle, kann jedoch nicht auf die sehr komplexe MVC-Problematik in detaillierter Form eingegangen werden, da sie den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Der Vergleich unterschiedlicher Kontraktionsformen im MVC-Test (statisch) und in den Messungen (dynamisch) ist ebenfalls kritisch zu betrachten (vgl. 3.6.5). Außerdem beinhaltet der Begriff ‚willkürlich' das Problem der Reproduzierbarkeit von Messwerten. In diesem Kontext spielt die Motivation eine große Rolle. Je nach Motivationslage können stark variierende Kraftwerte erzielt werden (vgl. 2.5). Aus diesem Grund sind die Probanden während der MVC-Tests durch die Übungsleiterin motiviert worden, maximale Leistung zu erbringen. Gelingt es dem Probanden nicht, maximale Kraft zu erzeugen, so können MVC-Tests eine Fehleinschätzung des tatsächlichen Maximalniveaus beinhalten.

Trotz aller Problematiken, die die Arbeit mit MVC-Tests mit sich bringt, ist es zur Zeit dennoch das häufigste in der EMG-Literatur zufindende Normalisierungsverfahren (vgl. BERZIN et al. 1997, 491-501; CLARYS 1992, 409; KONRAD et al. 1999, 315-321; LEHMANN / McGILL 2001, 1096-1101).

7.3.3 Cross-Talk

Bei Oberflächenelektroden besteht immer das Problem, dass beim Ableiten des oberflächlich gelegenen Muskels auch die elektrischen Ströme darunter liegender Muskeln mit in die Messergebnisse einfließen (vgl.

3.7.3). Dadurch kann nicht mit Gewissheit gesagt werden, mit welchem Anteil der eigentlich abgeleitete Muskel an den gemessenen elektrischen Potentialen beteiligt ist. Die erhaltenen Messergebnisse sind daher immer mit Vorsicht zu interpretieren. Dennoch sind für diese Untersuchung sowohl aus organisatorischer Sicht als auch aus Kompetenzgründen keine Nadelelektroden gewählt worden. Außerdem können die Probanden durch intramuskulär applizierte Nadeln bei dynamischer Übungsausführung Schmerzen erleiden. Dies könnte zu Messergebnisverfälschungen führen.
Neben der Problematik des Cross-talks sind bei zahlreichen Probanden EKG-Signale als Störgrößen mit in die Messungen des M. rectus abdominis upper part eingeflossen, die jedoch keinen störenden Ein-fluss auf die abgeleiteten Innervationsströme haben.

7.3.4 Bewegungsausführung und Standardisierung

Wohlwissend um die Probleme der Standardisierung ist diese, in Anlehnung an in der Literatur zu findendende Standards sowie plausibitäts-gestützt als auch durch eine Vormessung konkretisiert, aufgestellt worden. Darüber hinaus wurden die Bewegungen vor jeder Übung solange geprobt, bis die Übungsausführung verstanden und eingehalten werden konnte. Bei den Übungen 6 und 7 war ein verstärktes Üben und Hinweisen nötig, damit der Proband auch das linke Schulterblatt wenigstens minimal vom Boden löste.
Dennoch sind in Einzelfällen bei einigen Probanden bei den eigentlichen Messungen leichte Abweichungen von der Standardisierung festgestellt worden:

- Oberkörper berührte unterhalb des Brustbeins nach einigen Wieder-holungen nicht mehr die Querstange, sondern näherte sich dieser nur an (Übung 1,2,3,4)
- Anheben der beiden Schultern war nicht immer synchron
- Die mit dem Aufrichten des Oberkörpers verbundene Rotation wurde nicht stark genug ausgeführt bzw. Ellenbogen wurden mit nach vorne genommen (Übung 6, 7) (=> veränderte, leichtere Hebel-verhältnisse)

- Nicht die Fingerspitzen, sondern die distalen Fingerrücken wurden an den Schläfen angesetzt.
- Bei allen Übungen, bei denen ein konstanter Knie- bzw. Knie- und Hüftwinkel eingehalten werden sollte, bestand die Tendenz, mit zunehmender Wiederholungszahl von der ursprünglichen Winkelstellung leicht abzuweichen (z. B. Absinken der Unterschenkel und dadurch Verringerung des Kniewinkels bei den Übungen 2, 3, 7).
- Druck der Fersen in den Boden wurde aufgegeben und die Fußflächen wurden aufgesetzt (Übung 1, 2, 6).
- Beim Anheben des Gesäßes wurde mit Schwung gearbeitet (Übung 5).
- Infolge verkürzter ischiocruraler Muskulatur konnten einige Probanden ihre Beine bei Übung 5 nicht vollständig gestreckt und senkrecht nach oben führen und berührten daher nicht mit ihrem Mittelfußbereich die Querstange
- Zwischenzeitliches Ablegen des Kopfes
- Minimale zeitliche Abweichungen vom vorgegebenen Metronomtakt

Die meisten und größten individuellen Abweichungen von der Standardisierung wurden bei der Bewegungsausführung in Übung 5 und 7 festgestellt. Dies spiegelt sich auch in den hohen Standardabweichungen wieder, die in Übung 5 beim M. obliquus externus abdominis Werte von 46% erreichen. Für die hohen Standardabweichungen kann neben der verkürzten ischiocruralen Muskulatur der Probanden und der Übungsschwierigkeit auch die Bewegungsgeschwindigkeit als Einflusskomponente herangezogen werden. Es besteht ein Zusammenhang zwischen zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit und abnehmender Bewegungsgenauigkeit (vgl. GÖBEL 1996, 14). Da im Vergleich zu den anderen Übungen bei Übung 5 mit doppelter Geschwindigkeit gearbeitet wurde, ist dort auch eine viel größere Abweichung von der vorgegebenen Standardisierung zu erkennen als bei den anderen Übungen. Die großen Bewegungsabweichungen können darüber hinaus durch Unterschiede in der Kraft der Bauchmuskulatur und durch unterschiedlich gute koordinative Leistungen der Probanden hervorgerufen worden sein. Des Weiteren sollten Unterschiede in Form von Massenträgheits-, Feder- und Dämpfkräften des Bänder-, Sehnen- und Muskelapparates als mögliche Einflussfaktoren beachtet werden (vgl. GÖBLEL 1996, 14).

7.3.5 Kraft in Abhängigkeit der Tageszeit

Da es aus organisatorischen Gründen nicht möglich gewesen ist, die vorgenommenen Messungen immer zur gleichen Uhrzeit durchzuführen, können eventuell daraus resultierende Kraftschwankungen nicht ausgeschlossen werden (vgl. HOLLMANN 2000, 180 ff.). Weil die Messungen jedoch gleichmäßig über den Tag verteilt (Messzeitraum: 8-19 Uhr; jeweils für 1,5 Stunden) und an mehreren Tagen in gleicher Weise durchgeführt wurden, ist davon auszugehen, dass sich eventuell aus der Tageszeit bedingte Schwankungen über das ganze Kollektiv betrachtet wieder ausgleichen.

7.3.6 Zusammensetzung des Probandenkollektivs

Das Probandenkollektiv setzte sich aus gleichen Anteilen von Frauen und Männern zusammen.

Nach HOLLMANN (2000, 176) erreichen die Rumpfbeuger bei Frauen in der Regel nur 62% der Kraft, die dieselbe Muskelgruppe bei Männer erzeugen kann.

Wenn man die Absolutwerte des weiblichen mit denen des männlichen Kollektivs dieser Arbeit vergleicht, ist dies ebenfalls annähernd zu erkennen. Dies liegt unter anderem daran, dass der Anteil der Muskeln am Gesamtkörpergewicht beim Mann durchschnittlich 40-45%, der der Frau hingegen nur 25-35% ausmacht. Dadurch hat der weibliche Organismus eine ungünstigere Last-Kraft-Relation (vgl. HOLLMANN 2000, 174 f.). Dennoch ist durch die MVC-Referenzkontraktion, die für jeden Probanden die individuell maximalen Werte für einen Muskelanteil liefern soll, gewährleistet, dass die bearbeiteten Daten der Frauen und Männer auf ähnlichem Niveau vergleichbar sind. Dadurch nivelliert sich das bei den

Rohdaten auftretende Auswertungsproblem und die bearbeiteten Daten können miteinander verglichen werden.

8 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Studie konnten sechs Fit-Karten-Entwürfe zur Kräftigung der Bauchmuskulatur erstellt werden. Grundlage dafür stellten Ergebnisse aus einer Expertenbefragung in Fitnessstudios und physiotherapeutischen Praxen dar (vgl. 5.1). Zwei schon vor dieser Untersuchung existierende Fit-Karten (vgl. 1.10) wurden zusammen mit den neu entwickelten Fit-Karten-Entwürfen evaluiert und in modifizierter Form dargestellt.

Für jede Übung wurden daher Beanspruchungsprofile und Aktivitätsverläufe, die über 30 Probanden gemittelt wurden, erstellt (vgl.6.1).

Für die Aktivitätsverläufe aller Oberkörperflexionsübungen (Übung 1-4, 6, 7) gilt bis auf wenige Ausnahmen, dass für die Muskelanteile zwei Plateauphasen zu erkennen sind. Die erste Plateauphase befindet sich auf dem ersten und die zweite Plateauphase auf dem zweiten Taktschlag.; die erste Plateauphase hat ein durchschnittlich geringeres Innervationsniveau als die zweite Plateauphase. Im Durchschnitt erstreckt sich das erste Plateau von 19% der Zeit bis 30% $\pm$ 3% der Zeit. Die zweite Plateauphase beginnt in der Regel ab 39% $\pm$ 3% der Zeit und endet für die geraden Bauchmuskelanteile bei den meisten Übungen im Umkehrpunkt. Für die schrägen Bauchmuskeln reicht das zweite Plateau über den Umkehrpunkt hinaus (Rechtsverschiebung der zweiten Plateauphase) (vgl. 6.1.9).

Obwohl der Aktivitätsverlauf von Übung 8 sich von den anderen Mittelwertsverläufen stark zu unterscheiden scheint, relativiert sich dieser scheinbare Unterschied, wenn man die extrem hohe Standardabweichung in Betracht zieht. Daher gilt aus deskriptiver Sicht, dass sich die acht Übungen in ihren Aktivitätsverläufen nicht stark unterscheiden (vgl. 6.4.3).

Darüber hinaus konnten für jeden abgeleiteten Bauchmuskelanteil und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit Übungsranglisten erstellt werden, die sich jeweils aus den acht untersuchten Übungen zusammensetzen. Die Ranglisten wurden zunächst über Mittelwerte in deskriptiver Form ermittelt (vgl. 6.2) und im Anschluss über statistische Testverfahren mit Rangplatzvergabe in Form von Balkendiagrammen veranschaulicht (6.4.2). Infolgedessen zeichnen sich zum Teil Unterschiede zwischen den beiden ermittelten Rangfolgen ab.

Die Nullhypothese, die sich auf die Beanspruchungsprofile bezieht: ‚Die Übungen bei einem Muskelanteil bzw. dem Bauchmuskel in seiner Gesamtheit unterscheiden sich nicht.', konnte falsifiziert werden. Es lassen sich daher für das untersuchte Probandenkollektiv zwischen den meisten Fit-Karten-Übungen signifikante Unterschiede feststellen (vgl. 6.4.2).

Für alle Muskelanteile und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit liegen bei den analytischen Rangfolgen die Übungen 5 und 7 mit den höchsten durchschnittlichen Innervationen auf den ersten beiden Plätzen.

Die Übung 7 ist die Topübung für die beiden geraden Bauchmuskelanteile (vgl. 6.4.2).

Für die schrägen Bauchmuskeln und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit stellt Übung 5 die Übung mit der höchsten, mittleren neuromuskulären Innervation dar.

Im M. obliquus externus abdominis der Übung 5 treten die größten Mean- bzw. Peakwerte auf (79% MVC; 103% MVC) (vgl. 6.2).

Übung 8 befindet sich bei den Rangfolgen aller Muskelanteile und des Bauchmuskels in seiner Gesamtheit auf dem letzten Platz. Eine Ausnahme stellt der M. obliquus externus abdominis dar, bei dem 37% MVC erreicht wurden. In allen anderen Anteilen werden lediglich Werte von unter 30% MVC erreicht, so dass Übung 8 bei diesem Bauchmuskelanteil für ein effektives Training der Ausdauerkraft nicht geeignet ist.

Übung 1 liegt bei den Rangfolgen in der durchschnittlichen Innervation der Mm. rectus abdomines upper und lower part und des M. obliquus internus abdominis auf vorletzter Position. Für den M. obliquus externus abdominis und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit bildet sie das Schlusslicht (vgl. 6.4.2).

Der geringste durchschnittliche Wert aus den acht Übungen wurde in Übung 8 im M. obliquus internus abdominis mit 12% MVC erzeugt.
Die Innervationsunterschiede und die vergebenen Rangplätze sind bei den Übungen 2, 4 und 6 in allen Muskelanteilen und dem Gesamtbauchmuskel gering. Sie befinden sich auf den mittleren Positionen der Rangfolgen (vgl. 6.2, 6.4.2).
Die schon vorher existierenden Fit-Karten-Übungen, Übung 1 und 6, sind in ihrer durchschnittlichen Innervation des Bauchmuskels in seiner Gesamtheit in der unteren Hälfte der Rangfolgen anzusiedeln (vgl. 6.2, 6.4.2).
Nähere Angaben zu den Ranglisten und den Belastungshöhen der acht Übungen für die verschiedenen Anteile und den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit können im Kapitel 6, Darstellung der Ergebnisse, nachgelesen werden (vgl. 6.2, 6.4.2).
Es ist eine hohe Übereinstimmung zwischen dem subjektiven Belastungsempfinden bei den acht Bauchmuskelübungen und den dabei gemessenen MVC-Werten zu erkennen. Eine Ausnahme bildet die Übung 4, die im Vergleich zu Übung 3 trotz geringerer Innervation des Bauchmuskels eine größere subjektive Belastung hervorrief (vgl. 6.3). Ihr sinnvoller Einsatz als Fit-Karten-Übung könnte aus diesem Grund hinterfragt werden.
Die von BOECKH-BEHRENS / BUSKIES propagierte Intensitätssteuerung beim Fitnesskrafttraining durch das subjektive Belastungsbefinden (vgl. HOHMANN et al. 2002, 240 f.; BOECKH-BEHRENS / BUSKIES 2001, 66 ff.) ist somit auch für das Fit-Karten-Training zur Kräftigung der Bauchmuskulatur zu empfehlen. Auf jeder Fit-Karte ist daher unter der Rubrik , Wie häufig?' die Intensitätsangabe ‚bis zu einem Belastungsempfinden von mittel-schwer' aufgeführt. Die darüber hinaus angegebenen Wiederholungs- und Satzzahlen wurden nicht elektromyographisch evaluiert, sondern sind der Expertenbefragung entnommen.
Für jede der acht Übungen, die EMG- und videogestützt überprüft wurden, konnte ein Fit-Karten-Entwurf erstellt werden (vgl. 6.5).

Alle Übungen erzeugen in mindestens einem Bauchmuskelanteil eine so hohe Innervation, dass ein Ausdauerkrafttraining möglich ist.

Bis auf Übung 1 und 8 liegen die für den Gesamtbauchmuskel ermittelten Meanwerte bei allen Übungen über dem 30% Maximalkraftniveau. Demzufolge kann ein Ausdauerkrafttraining empfohlen werden.

Übung 1 eignet sich infolge der geringen MVC-Werte (zwischen 21%-32%) gut für einen Trainingsanfänger. Bei ihm können laut GEIGER (1999, 62 f.) auch diese geringen Innervationen in den ersten Trainingswochen adaptationsauslösend sein.

Bei den Übungen 5 und 7 kann die submaximale Kraftausdauer trainiert werden, da Werte von über 50% der Maximalkraft erreicht werden.

Für Übung 3 trifft dies auf den M. rectus abdominis lower part zu.

Da die Fit-Karten in ihrer Intensität unterschiedlich belastend sind, kann das Prinzip der progressiven Belastungssteigerung realisiert werden. Sowohl der Trainingsanfänger, als auch ein Fortgeschrittener können entsprechend ihres Niveaus ein effektives Bauchmuskeltraining durchführen.

Darüber hinaus konnte in dieser Untersuchung festgestellt werden:

- Die acht Übungen beanspruchen sowohl die schrägen als auch den geraden Bauchmuskel und damit auch den Bauchmuskel in seiner Gesamtheit. Ein Beispiel für hohe Innervationen stellen Übung 5 und 7 dar.
- Keine Übung erhält für alle Muskelanteile bzw. für den Gesamtmuskel den gleichen Rangplatz. Bei den Rängen 1 und 2 sowie 7 und 8 ist die Zuordnung dennoch sehr eindeutig (vgl. 6.2, 6.4.2).
- Gerade Crunchvarianten aktivieren auch die schräge Bauchmuskulatur, und umgekehrt aktivieren ebenfalls gedrehte Varianten die Mm. rectus abdomines upper und lower part. Dies wurde bereits in Untersuchungen von EKHOLM sowie von BOECK-BEHRENS/BUSKIES festgestellt (vgl. 7.2). In dieser Studie konnte dies insbesondere an den Übungen 3 und 7 gezeigt werden (vgl. 6.4.2, 7.2).

- Mit Übung 8 existiert eine Übung, die speziell für das Training eines Muskelanteils, des M. obliquus externus abdominis, geeignet ist (vgl. 6.5).
- Bei allen Oberkörperflexionsübungen (Übung 1-4, 6, 7) besteht die Tendenz, dass durch die Übungen in den beiden Anteilen der geraden Bauchmuskulatur höhere Werte als in denen der schrägen Bauchmuskeln hervorgerufen werden (vgl. 6.2).
- Der untere Anteil des geraden Bauchmuskels wird in dieser Untersuchung höher innerviert als der obere Anteil.
- Die Intensität von Crunches lässt sich durch eine leicht modifizierte Armposition verändern. Somit erreichen Crunches mit nach vorne gestreckten Armen (z. B. Übung 2) geringere Innervationen in der Bauchmuskulatur als Varianten mit Fingern an den Schläfen und nach außen zeigenden Ellenbogen (z. B. Übung 3) Dies trifft insbesondere für die M. obliquus internus abdominis zu.(vgl. 6.2, 6.4.2).
- Hohe Standardabweichungen bei standardisierter Übungsausführung weisen auf hohe interindividuelle Unterschiede bei der Beanspruchung der Bauchmuskulatur hin. Dabei treten in den Muskelanteilen, in denen die höchsten Mean- und Peakwerte erzielt wurden, auch die größten Standardabweichungen auf (vgl. 6.2).

Die erhaltenen Ergebnisse müssen dennoch vorsichtig betrachtet werden, da sie zunächst nur für das untersuchte Probandenkollektiv gelten. Die Zielgruppe, für die die Fit-Karten konzipiert sind, ist von dem untersuchten Probandenkollektiv abweichend, so dass eine weitere Untersuchung mit zielgruppenspezifischen Probanden sinnvoll erscheint.

Darüber hinaus ist die Untersuchungstechnik der Elektromyographie in ihrer Aussagekraft und dem Interpretationsgehalt von vielen Faktoren abhängig. Diese Faktoren wurden im Kapitel zur Elektromyographie (vgl. 3.7.3) und in den methodenkritischen Anmerkungen (vgl. 7.3) beschrieben. Das Problem der Normalisierung auf einen MVC-Referenzwert zeigt sich in dieser Untersuchung besonders deutlich an dem supramaximalen Peakwert für den M. obliquus externus abdominis bei Übung 5 mit 103% MVC. Des Weiteren sollte man sich bewusst sein, dass sich die für einen Muskel abgeleiteten Werte nicht ausschließlich auf die Innervation dieses Muskels beziehen, sondern auch von Cross-Talk-Größen beeinflusst werden (vgl. 7.3).

Auf Grund des zeitlich beschränkten Rahmens dieser Arbeit ist es leider nicht möglich, allen sich bei der intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik eröffnenden Untersuchungsaspekten zu widmen. Daraus ergeben sich zahlreiche Ansätze, die noch bearbeitet werden könnten.
Es wäre z. B. interessant zu untersuchen, ob bei Übung 8 die Innervationen in den untersuchten Bauchmuskelanteilen (mit Ausnahme des M. obliquus externus abdominis) auch noch bei einer modifizierten Übungsausführung mit gestreckten Beinen unterschwellig wären.
Außerdem wäre es empfehlenswert, die von VERA-GARCIA et al. (2000, 564 ff.) gewonnenen Erkenntnisse zu Crunches auf stabilen und labilen Unterlagen zu nutzen. Hierbei wurden höhere Aktivitäten und eine Koaktivierung der beteiligten Muskeln gemessen, die somit zu einer besseren Rumpfstabilität beitragen dürften. Bauchmuskelübungen könnten für Teilnehmer des Fit-Karten-Konzepts auf Therapiekreiseln oder großen Gymnastikbällen erfolgen. Bedingung dafür wäre allerdings, dass es sich bei den Teilnehmern des Fit-Karten-Konzeptes um Bauchmuskelübungen-erfahrene Personen handelt, die bereits muskulär stabilisiert sind und über eine koordinative Grundfähigkeit verfügen.
Des Weiteren wäre es interessant zu untersuchen, ob bei der Bauchmuskelaktivität der acht untersuchten Fit-Karten zwischen Frauen und Männern Unterschiede auftreten. Die Studie von AROKOSKI et al. (2001) hat bei Frauen für den M. rectus abdominis und den M. obliquus externus abdominis höhere durchschnittliche MVC-Werte als bei Männern festgestellt. Es wäre in einer Folgeuntersuchung zu prüfen, ob diese Unterschiede auch bei der vorliegenden Arbeit zu finden sind.

Eine weitere Überprüfung könnte dahin gehend ausgerichtet sein, in wie weit durch die Ausführung der Fit-Karten-Übungen nicht nur die Bauchmuskulatur gekräftigt, sondern auch der Rumpf stabilisiert wird. In diesem Zusammenhang ist die Studie von RICHARDSON et. al. (1990, 6-11): "An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine" von Bedeutung. Neben den schon untersuchten Muskeln müsste in diesem Zusammenhang der M. quadratus lumborum abgeleitet werden, der gerade bei Übungen zur seitlichen Stabilisierung zum Einsatz kommt (vgl. McGILL et. al. 1996, 172).

Leider ist es mir nicht möglich gewesen, die inneren Bauchmuskeln abzuleiten (M. quadratus lumborum, M. transversus abdominis). KONRAD et al. (1999, 704) weisen auf den Klärungsbedarf hin, der bezüglich des Innverationsverhältnisses zwischen den sogenannten inneren (M. obliquus internus abdominis, M. quadratus lumborum, M. transversus abdominis) und äußeren Bauchmuskeln (M. rectus abdominis, M. obliquus externus abdominis) besteht. HODGES (1997, 132 ff.) misst dem M. transversus eine überragende Bedeutung bei der Stabilisierung des Rumpfes bei. Dieser Muskel soll als erster der Bauchmuskeln bei der Bewegung der unteren Extremitäten aktiviert werden. Es ist daher anzunehmen, dass er bei Übung 5 (Beckenheben) in besonderem Maße aktiviert wird. Ob diese Annahme tatsächlich richtig ist, müsste jedoch noch bewiesen werden.

Für die untersuchten Fit-Karten zur Kräftigung der Bauchmuskulatur sind somit noch viele Möglichkeiten der Weiterentwicklung gegeben.

Literaturverzeichnis

ADLER, C.; NEUNDÖRFER, B.: Vergleichende elektromyographische Untersuchungen mit Oberflächen- und Nadelelektroden. In: Zeitschrift für Elektroenzephalographie Elektromyographie und verwandte Gebiete (1972) 3, 153-158.

AIRAKSINEN, O.; AROKOSKI, J. P.; KANKAANPAA, M.; VALTA, T.: Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. In: Arch Phys. Med. Rehabil. 82 (2001) 8, 1089-1098.

AOK (Hrsg.): Sanftes Rückentraining. Wohlfühl-Programm für den Rücken. Kursleiter-Manual. Remagen 2001.

ARBORELIUS, U.; EKHOLM, J.; FAHLCRANTZ, A.; LARSSON, A.-M.; MATTSSON, G.: Activation of abdominal muscles during some physiotherapeutic exercises. In: Scandinavian Journal Rehab. Med. 11 (1979), 75-84.

AXLER, C.; McGILL, S.: Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. In: Medicine and Science in Sports and Exercise 29 (1997) 6, 804-811.

BARMER (Hrsg.): Rück(en)-Rat!. Das persönliche Lebensstil Konzept. Die richtige Haltung macht's!. Broschüre. 2000.

BARMER (Hrsg.): Gymnastik Fitness-Programm. Faltblatt. 1992.

BASMAJIAN, J.: Therapeutic exercise. Baltimore 1990.

BASMAJIAN, J.; DE LUCA, C.: Muscles alive. Their function revealed by electromyography. Baltimore 1985[5].

BENNINGHOFF, A.: Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. München 1993[15].

BERZIN, F.; DE FARIA NEGROAO FILHO, F. R.; SOUZA, G. C.: Eletromyography study of the portions of the abdominal rectus muscle. In: Electromyography Clinical Neurophysiology 37 (1997) 8, 491-501.

BKK (Hrsg.): Fitness. Mach mit – Bleib Fit. Bewegung, Ernährung, Entspannung. Broschüre. 2001.

BKK (Hrsg.): Für einen schmerzfreien Rücken. Viele Tipps und Übungen für einen gesunden Rücken. Broschüre. 2001.

BLOK, J. H.; HERMENS, H.J.; ROELEVELD, K.; STEGEMAN, D.F.: Surface EMG models: properties and applications. In: Journal of Electromyography and Kinesiologie (2000) 10, 313-326.

BOCHDANSKY, T.: Die Messung der Muskulatur mittels oberflächlicher EMG-Ableitung: Möglichkeiten und Grenzen. In: ENGELHARDT, M.; FREIWALD, J.; ZICHNER, L. (Hrsg.): Die Muskulatur. Wehr/ Baden 1994, 59-67.

BOECKH-BEHRENS, W.-U.: Ihr Last-Minute-Programm. Bauch weg! In: Fit for Fun (2002) 7, 3-27. Booklet.

BOECKH-BEHRENS, W.-U.; BUSKIES, W: Gesundheitsorientiertes Fitnesstraining. Bd.1. Lüneburg 2000[5].

BOECKH-BEHRENS, W.-U.; BUSKIES, W.: Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit. Reinbek bei Hamburg 2001[3].

BOECKH-BEHRENS, W.-U.; BUSKIES, W.: Supertrainer Bauch. Die effektivsten Übungen. Reinbek bei Hamburg 2002.

BOHNENKAMP, D.: Bauchmuskeltraining. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.go-for-fitness.com/index.htm?/bauch muskel.htm.28.6.

BÖS, K.: Einführung in die statistischen Auswertungsmethoden für Sportstudenten, Sportlehrer und Trainer. Ahrensburg 1985[2].

BÖS, K.; HÄNSEL, F.; SCHOTT, N.; Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft. Planung – Auswertung - Statistik. Reinbek bei Hamburg 2000.

BORG, G.: Psychophysical bases of perceived exertion. In: Medicine and Science in Sports and Exercise 14 (1982) 5, 377-381.

BORG, G.: Borg's perceived exertion and pain scales. United States of America 1998.

BORTZ, J.: Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin 1995[2].

BRANDENBURG, U. (Hrsg.): Prävention und Gesundheitsförderung im betrieblichen Tagungsbericht. Dortmund 1990.

BREDA, A.: Tipps vom Fitnessprofi Teil 23. Als Online- Dokument verfügbar über: http://www.svz.de/tipps/tipp29.html, 28.6.2002.

BREDA, A.: Tipps vom Fitnessprofi Teil 24. Als Online- Dokument verfügbar über: http://www.svz.de/tipps/tipp29.html, 28.6.2002.

BÜHL, A; ZÖFEL, P.: SPSS für Windows Version 7.5. Praxisorientierte Einführung in die moderne Datenanalyse 1998[4].

BÜNING, H.: Nichtparametrische statistische Methoden. Berlin 1994[2].

BURG, U.: Heimprogramm Rückenschule. München 1992[2].

BURGER, D.: Fitness für Gestresste. München 2000.

BUSKIES, W.: Funktionelles Krafttraining der Bauchmuskulatur (1). In: Sport Praxis 40 (1999) 4, 29-32.

BUSKIES, W.: Funktionelles Krafttraining der Bauchmuskulatur (2). In: Sport Praxis 40 (1999) 5, 29-32.

CLARYS, J. P.; CABRI, J.: Elektromyographie and the study of sports movements: A review. In: Journal of Sports Sciences (1993) 11, 379-448.

CONRAD, B.: Diagnostische Entscheidungsprozesse mit dem EMG. Weinheim 1987.

CONRAD, B.: Das EMG-Buch: Antworten auf alle Fragen zur Methodik und Befundinterpretation. Stuttgart 1998.

CRAM, J.: Clinical EMG for surface recordings: Volume 2. California 1990.

DAK: Fit im Rücken in Zusammenarbeit mit dem NDR 2. Broschüre.

DE LUCA, C.: Surface Electromyography: What's new? Turin 1992.

DE LUCA, C.: The use of surface electromyography in Biomechanics. Bosten 1997.

DE MAREES, H.: Sportphysiologie. Köln 1996[8].

DEUTSCHER SPORTBUND: Richtig fit. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.richtigfit.de/seite3_5_1_2.html 28.6.2002.

DIEßELHORST-.KLUG, C.: Erkennung pathologischer Veränderungen in der elektrischen Aktivität motorischer Einheiten mittels der nichtinvasiven räumlich hochauflösenden Elektromyographie. Dissertation Aachen 1996.

DR. LOGES + CO. GmBH (Hrsg.): Gesundheitsorientiertes Fitnesstraining. Bd.1. Lüneburg 2000[5].

EHLENZ, H.; GROSSER, M.; ZIMMERMANN, E.: Krafttraining: Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme. München 1998[6].

EINARS, W.: Elektromyographie als arbeitswissenschaftliche Methode zur Beurteilung von lokaler Belastung, Beanspruchung und Ermüdung bei dynamischer Muskelarbeit. Dissertation 1979.

ERLITZ-LANEGGER, E.: Funktionsgerechtes Körpertraining. Graz 1997.

FITNESS ONLINE: Trainingskarten. Bauchübungen 1.Als Online Dokument verfügbar über: http://www.fitness-center.at/ palazzo/index.html. 28.6.2002.

FLINT, M. M.: Abdominal muscle involvement during the performance of various forms of sit-up exercise. In: American Journal of Physical Medicins. 44 (1964) 14, 224-234.

FPZ : Forschungs- und Präventionszentrum. Köln. Veröffentlichung.

FRANK, G.; LESZAY, A.: Leitfaden der Präventionsgymnastik. Funktionelle Übungen für den Halte- und Bewegungs-apparat. Langen 1995.

FREENET.DE (Hrsg.): Bauchmuskeltraining. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.freenet.de/freenet/special/fruehlings zauber/fitness/03.html. 28.6.2002.

FREENET.DE (Hrsg.): Die Top Bauchmuskelübungen für zu Hause und im Studio. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.freenet.de/tools/leiste/?url=http://www.reinerseine.de.

FREIWALD; KONRAD, P.: Medizinische Trainingstherapie. Kurs. Skriptum. Einführung in das kinesiologische EMG.

FREIWALD, J.: Fitness für Männer. Reinbek bei Hamburg 1991.

GALLACH, G.: Den Rücken schonen durch Belastung. Pfäffikon 1997.

GEIGER, L.: Gesundheitstraining: biologische und medizinische Zusammenhänge; gezielte Bewegungsprogramme zur Prävention. München 1999.

GEHRKE, T.: Sportanatomie. Reinbek bei Hamburg 1999.

GIMBEL, B; KALKBRENNER, E.: Handbuch Körpermanagement. Reinbek bei Hamburg 1994.

GLOCK-GRIMMEISEN, C.: Einführung in Aerobic (5) Muskeltraining. In: Sportpraxis 41 (2000) 3, 52-56.

GOODSEL, A.: Täglich Topfit. Das Individual- Fitnesstraining für Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit. München 1994.

GÖBEL, M.: Elektromyographische Methoden zur Beurteilung sensomotorischer Tätigkeiten. Dissertation. Aachen 1996.

GOTTWALD, B. (Hrsg.): Fitnessgymnastik. Reinbek bei Hamburg 1991.

GOTTWALD, B. (Hrsg.): Gymnastik falsch und richtig. Reinbek bei Hamburg 1993.

GOTTWALD, B. (Hrsg.): Bodytrainer für Männer. Fit von Kopf bis Fuß. Reinbek bei Hamburg 1995.
GOTTWALD, B. (Hrsg.): Problemzonen-Gymnastik. Reinbek bei Hamburg 1995.
GOTTWALD, B. (Hrsg.): Körperschule. Das Programm für die Gesundheit. Reinbek bei Hamburg 1995.
GOTTWALD, B. (Hrsg.): Trainingsbuch Bauchmuskulatur. Reinbek bei Hamburg 1998.
GOTTWALD, B. (Hrsg.): Starke Muskeln - gesunder Körper. Das Kompaktprogramm für jedermann. Reinbek bei Hamburg 2000.
GROSSER, M.; STARISCHKA, S.; ZIMMERMANN, E.; Das neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive. München 2001[8].
GRUHLER, I.: Rückengymnastik für die Halle und zu Haus. In: Sport Praxis. (1994) 5, 13-14.
GUNNREMANN, G.: Fitnessstudio Turnhalle. In: Sport Praxis 38(1997) 5, 39-45.
HALPERN, A. A ; BLECK, E. E..: Sit-Up Exercises: An Electromyographic Study. In: Clin. Orthop. (1979) 145,172-178.
HARS, W.: Placements. Der neue Weg zu einer besseren Haltung und einer tollen Figur. München 1996.
HARTMANN, J.; TUENNEMANN, H.: Modernes Krafttraining. Frankfurt am Main 1993.
HARTUNG, J.: Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. München 1984[2].
HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DIßELHORST-KLUG, C.; RAU, G.: Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. In: Journal of Electromyography and Kinesiology (2000) 10, 361-374.
HERZOG, K.: Körperbau und Bewegung: Grundriß der plastischen Anatomie für Sportpädagogen, Studenten, Leistungssportler und bildende Künstler. Stuttgart 1981.
HILLEBRECHT, N.; HILLEBRECHT, M.: Übungsprogramme zur Dehn- und Kräftigungsgymnastik. Aachen 1998[4].
HODGES, P. W.; RICHARDSON, C. A.: Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. In: Phys. Ther. 77 (1997) 2, 132-142.
HOFFMANN, U.: Schnellkurs Statistik mit Hinweisen zu SPSS Benutzung. Köln 1999[3].
HOFMANN, F.(Hrsg.): Der weltbeste Crunch. In: Men's Health (2002) 2, 40-43.
HOFMANN, F. (Hrsg.): 36 Muskel-Booster. In: Men's Health (2002) 7, 3-33. Booklet.
HOFMANN, H; SCHÖNTHALER, S.: Das Bodyprogramm.
HOHMANN, A.; LAMES, M.; LETZELTER, M.: Einführung in die Trainingswissenschaft. Wiebelsheim 2002[2].
HOLM, S.: A Simple sequentially Rejective Bonferroni Test Procedure. In: Scandinavean Journal of Statistics (1979) 6, 65-70.

HOLLMANN, W.; HETTINGER, T.: Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart 2000[4].
HÜTTICH, B.: Aktiv contra Rückenschmerz. Berlin 1992.
HYDE, J. E.; KARST, G. M.; UHRLAUB, M. B.; WENDEL, C.L.; WILLETT, G.M.: Relative activity of abdominal muscles during commonly prescribed strengthening exercises. In: J Strength Cond. Res. 15 (2001) 4, 480-485.
IKK: Fit-Karten-Spiel © Sportinstitut Uni-Dortmund, Prof. Dr. Starischka
IKK: Gesundheitsbibliothek, Wegweiser zur Fitness. Broschüre.2000.
IKK: IKKimpuls Trainer. 25 Übungen zum Mitmachen. Faltblatt.
KEMPF, H.-D.: Die Rückenschule. Reinbek bei Hamburg 1990.
KEMPF, H.-D.: Trainingsbuch Rückenschule. Reinbek bei Hamburg 1996.
KEMPF, H.-D.: Rückentraining mit dem Thera-Band. Reinbek bei Hamburg 2000.
KENDALL PETERSON, F.; McCREARY KENDALL, E.: Muskeln. Funktionen und Tests. Lübeck 1998[3].
KIPPERS, V.; RICHARDSON, C. A.: Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode position. In: Electromyogr. Lin. Neurophysiol 38 (1998) 1, 51-58.
KLAUS, J.: Bewegungstherapie. Prinzipien therapeutischen Sports. Stuttgart 1992.
KLEE, A.: Haltung, muskuläre Balance und Training. In: DAUGS, R.; FIKUS, M.; GEBAUER, G.; HACKFORT, D. (Hrsg.): Beiträge zur Sportwissenschaft. Bd. 20. Frankfurt a. M. 1994.
KNEBEL, K.-P.: Funktionsgymnastik - Teil 2. In: Sport Praxis. 37 (1996) 1, 35.
KONDERDING, M.; SEDELMAIER, A.: Wirbelsäulengymnastik. Volketswil bei Zürich 1994.
KONRAD, P.: Skript der Universität Dortmund Fachbereich 16 Sport Bereich Trainings-.und Bewegungsforschung. Herkömmliche medizinische Traingstherapie.
KONRAD, P.; ZWICK, E. B.: EMG Fibel. Ein praxisorientierter Leitfaden für Einsteiger in das kinesiologische EMG. Kongressbeilage zum Noraxon EMG Meeting . Berlin 1994.
KONRAD, P.; DENNER, A..: Neuromuskuläre Beanspruchungsanalyse von Trainingsübungen der Rumpfmuskulatur: Methodik und aktuellerForschungsstand EMGgestützter Evaluationsverfahren. In: WIEMEYER, J. (Hrsg.): Forschungsmethodologische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport. Hamburg 1999, 315-321.
KONRAD, P.; DENNER, A.; SCHMITZ, K.; STARISCHKA, S.: EMG Befunde zur Haltungskoordinierung und zu ausgewählten Kräftigungsübungen der Rumpfmuskulatur. In: Orthopädische Praxis 35 (1999) 11, 698-708.
KONRAD, P.; SCHMITZ, K.; DENNER, A.: Neuromuscular Evaluation of Trunk-Training Exercises. In: Journal of Athletic Training 36 (2001) 2, 109-118.

KRAFT, W.; SCHMIDT, H.: Funktionsdiagnostik des Stütz- und Bewegungssystems. In: Medizin und Sport 29 (1989) 7, 193-1998.
KRAKOR, S.: Zur neuromuskulären Beanspruchung ausgewählter Muskelgruppen bei ruderspezifischer Ergometrie. Staatsarbeit. Dortmund 2001.
KRAUSE, R.; DE TOIA, M.: Zeigen Sie ihrem Rücken nicht die kalte Schulter. Düsseldorf 1995.
KREUZRIEGLER, F.; GOLLNER, E.: Anti-Osteoporose-Training. Oberhaching 1991.
LAURIG, W.: Elektromyographie. In: WILLIMCZIK, K. (Hrsg.): Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Datenerhebung 1. Bd.2. Ahrensburg 1983[2], 63-87.
LEHMAN, G. J.; McGILL, S.: The importance of normalization in the interpretation of surface elctromyography: a proof of principle. In: J. Manipulative Physiol. Thera. 22 (1999) 7, 444-446.
LEHMAN, G. J.; McGILL, S.: Quantification of the difference in electromographic activity magnitude between the upper and lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercises. In: Physiol. Ther. 81 (2001) 5, 1096-1101.
LEWIN, M.: Psychologische Forschung im Umriß. Berlin1986.
LETZELTER, H.; LETZELTER, M.: Krafttraining. Theorie Methoden Praxis. Reinbek bei Hamburg 1986.
LIPETZ, S.; GUTIN, B.: An electromyographic investigation of the rectus abdominis in abdominal exercises. In: Res. Q 42 (1971) 3, 256-263.
LIPPERT, H.: Lehrbuch Anatomie. München 2000[5].
MARTIN, D.; CARL, K.; LEHNERTZ, K.: Handbuch Trainingslehre. Schorndorf 1993[2].
MAAß, F.: Tipps vom Fitness-Profi Teil 1. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.svz.de/tipps/tipp29.html, 28.6. 2002.
Mayrhofer, M.: Bauchmuskelübung. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.wecarelife.at/CDA_Master/1,3008,4029_5487_0 00.html. 28.6.2002.
McGILL, S.: The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manoeuvres. In: Clin. Biomech. (1995) 4, 184 -192.
McGILL, S.; JUKER, D.; KROPF, P.: Quantitative intramuscular myoelectric activity of quadratus lumborum during a wide variety of tasks. In: Medicine and Science in Sports and Exercise. (1998) 30, 301-310.
McGILL, S.: Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. In: J. Rehabil. Res. Dev. 34 (1997) 4, 448-458.
MEßNER, W.: Bodystyling richtig. München 2002.
MICHAELIS, P.: Moderne Funktionelle Gymnastik. Aachen 2000.
MÜLLER, G.: Ein abgestuftes Übungsprogramm für die Rumpfmuskulatur. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Jahrbuch 1997. Köln 1998.

PIEPER, K.-S. (Hrsg.): Bewegungsapparat und Sport. Bd.4.Sankt Augustin 1992.
PILSS-SAMEK: Straffer Bauch und fester Po. Wien 1990.
PREIBSCH, M., REICHERT, H.: Schongynastik. München 1990[2].
QUENZER, E.: Funktionelle Gymnastik. Wiesbaden 1997.
REUCHER, H.: Neue Ansätze zur Erfassung elektromyographischer Signale mit räumlich filternden nichtinvasiven Meßanordnungen. Düsseldorf 1988.
RICHARDSON, C. A.; TOPPENBERG, R.; JULL, G. (1990): An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine. In: Australian Journal of Physiotherapy 36 (1990), 6-11.
ROHEN, J. W.; LÜTJEN-DRECOLL, E.: Funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart 2001.
ROTH, K.; WILLIMCZIK, K.: Bewegungswissenschaft. Reinbek bei Hamburg 1999.
REINHARDT, B. (Hrsg.): Die große Rückenschule. Nürnberg 1993[4].
ROUT, R.; HODKIN, D.: Men's Fitness. München 1997.
RÜHL, H.; SCHIER, G.; WITEKOPF, G.: Auswertungsmöglichkeiten des Oberflächen-EMG unter leistungsphysiologischen Fragestellungen bei zyklischen Bewegungen. In: Medizin und Sport 21 (1981) 8, 231-236.
RUPRECHT, E.O.; STRUPPLER, A.: Elektromyographie (EMG) und Elektroneurogaphie (ENG). Grundlagen und diagnostische Bedeutung. In: Zeitschrift für Elektroenzephalographie Elektromyographie und verwandte Gebiete (1971) 2, 2-16.
SCHÄFFLER, A; SCHMIDT, S.: Mensch, Körper, Krankheit: Anatomie, Physiologie, Krankheitsbilder - Lehrbuch und Atlas für die Berufe im Gesundheitswesen. Neckarsulm 1994.
SCHICK, A.: Minutengymnastik easy. München 1997.
SCHMIDT, N.; HILLEBRECHT, M.: Übungsprogramme zur Dehn- und Kräftigungsgymnastik. Aachen 1996.
SCHMIDT, R.; THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. Heidelberg 1995[26].
SCHMIDT, T.: Die folgenden Übungen trainieren den geraden Bauchmuskel. Als Online-Dokument verfügbar über: http://fitness.wartburg.de/Muskulatur/muskulatur.htm. 28.6.2002.
SCHMIDTBLEICHER, D.; GÜLLICH, A.: Dimensionen des Kraft-verhaltens. In: Orthopädische Praxis 35 (1999) 11, 683-687.
SCHNEIDER, J.: Nichtinvasive elektromyograpische Erfassung der Erregungsausbreitung in einzelnen motorischen Einheiten der Skelettmuskulatur mit Multielektrodenableitungen. Dissertation Aachen 1991.
SCHNEIDER, Jacqueline. Teil 15: Kräftigung von Bauch, Taille und Hüfte. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.svz.de/tipps/tipp29.html, 28.6.2002.
SCHWEGLER, J.: Der Mensch: Anatomie und Physiologie. Stuttgart 1996.
SCHULZ, H.: Bodybuilding: Das ideale Figur- und Fitnesstraining. München 1997.

SPECKMANN, E.; WITTKOWSKI, W.: Bau und Funktionen des menschlichen Körpers. München 1994.
SILBERNAGL, S.: Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart. 1991[4].
SPIRGI-GANTER, I. (Hrsg.): Funktionelle Bewegungslehre. Therapeutische Übungen. Berlin 2000[4].
STARISCHKA, S.: Betriebliche Gesundheitsförderung im Bäckereihandwerk in der Region - Entwicklung eines Bewegungsprogramms. Dortmund 1998.
STARISCHKA, S. und Mitarbeiter: Betriebliche Gesundheitsförderung im Bäckereihandwert in der Region - Evaluation des entwickelten Fit-Karten-Konzepts. Forschungsvorhaben F 1580 Endbericht 2000. Als Online-Dokument verfügbar über http://www.uni-dortmund.de/MIAS/FK/pdf/txteb00.pdf. 31.10.2002.
STARISCHKA, S.: Das wissenschaftliche Konzept der Fit-Karten. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.uni-dortmund.de/MIAS/FK/konzept.htm. 31.10.2002.
STARISCHKA, S.: Die Fit-Karten zum Mitmachen! - für Sie und Ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Als Online-Dokument verfügbar über: http://www.uni-dortmund.de/MIAS/FK/welcome.htm. 31.10.2002.
STEPHAN, H.: Körpergerechtes Muskeltraining. Niedernhausen 1995.
STIFTUNG WARENTEST (Hrsg.): Gesunder Rücken. Berlin 1996.
SUKADEV (Hrsg.): NAVASANA- Bauchmuskelübungen. Als Online Dokument verfügbar über: http://www.yoga-vidya.de/Asana_Uebungsplaene/BauchmuskelUebungen.html. 28.6.2002.
TITTEL, K.: Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. Jena 1994[12].
TKK (Hrsg.): Bewegung. Freizeitsport, Wohlbefinden, Fitnesstraining, Entspannung. Hamburg 2001[13].
TKK (Hrsg.): Besser trainieren. Gesunde Alternativen zu „Krankmacher Übungen". Hamburg. Broschüre.
TKK (Hrsg.): Rückenschule. Dehn- und Kräftigungsprogramm für die Rückenmuskulatur. Hamburg. Faltblatt.
TREBSDORF, M.: Biologie Anatomie Physiologie. Reinbek bei Hamburg 1995[3].
TOSH, R. W.: Surface electrode electromyography static and dynamic muscle assessments. In: CRAM, J.: Clinical EMG for surface recordings: Volume 2. California 1990.
TROPEN GmbH : Aktives Rückentraining. Ein Übungsprogramm für die Lendenwirbelsäule. Köln. Arztblatt.
TRUNZ, E.; FREIWALD, J.; KONRAD, P.: Fit durch Muskeltraining. Reinbek bei Hamburg 1992.
TRUNZ, E.; HAMM, M.: Style your body! München 2001.
TSCHIRNER, T.; WOLTERS, CH.: Bodyconcept Bauch. Der ultimative Kraft-, Ausdauer- und Ernährungsgide. Hamburg 2001.
UHLMANN, K.: Lehrbuch der Anatomie des Bewegungsapparates. Heidelberg 1991[3].

UNIVERSITÄT DORTMUND SPORT UND SPORTWISSENSCHAFT: MIAS - Die Multimediale Rückenschule - ein Lehrprogramm für Sportstudenten.

VERA-GARCIA, F. J.; GRENIER, S. G.; McGILL, S.: Abdominal muscle response during curl-ups on both stabel and labile surfaces. In: Physical Therapy. 80 (2000) 6, 564-569.

VÖLKNER, A.; Sportwissenschaftliche Beitragsmöglichkeiten zur Betrieblichen Gesundheitsförderung - Konzeption und Erprobung von Fit-Karten. Staatsarbeit. Dortmund 1996.

WAGNER, T.; WEISS, C.; THOR-WIEDERMANN, S.; WIEDERMANN,G.: Medizinische Biologie. Naturwissenschaftliche Reihe. Bau und Funktionen des gesunden und kranken Körpers. Stuttgart 1999.

WEINECK, J.: Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen 1994[8].

WEINECK, J.: Sportanatomie. Balingen 1997[12].

WEINECK, J.: Sportbiologie. Balingen 2000[7].

WHO: definition of health. Als Online-Dokument verfügbar über http://www.who.int/about/definition/en/ 19.8.2002.

WOLLRING, U.: Gymnastik im Herz- und Alterssport. Aachen 1997.

WOLF, W.: Signalverarbeitung und Mustererkennung in der Elektromyographie. Habilitationsschrift. München 1990.

WYDRA, G.: Beanspruchung der Bauch- und Hüftmuskulatur durch verschiedene Rumpfübungen. Noch nicht veröffentlichtes Skript. Saarbrücken 2002.

ZATSIORSKY, V.: Krafttraining - Wissenschaft und Praxis. Aachen 2000[2].

ZIMMERMANN, K.: Fitness selbst programmiert. Berlin 1992.

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	
A	Ansatz
AP	Aktionspotential
ARV	averaged rectified voltage = gemittelte Richtspannung
ATP	Adenosintriphosphat
BMI	Body-Mass-Index
BMT / W	Bauchmuskeltraining pro Woche
FPZ	Forschungs- und Präventionszentrum
FTG-Fasern	fast twitch glycolytic fibers
FTO-Fasern	fast twitch oxidative fibers
IEMG	Integriertes EMG
KA	Kraftausdauer
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MK	Maximalkraft
MU	Motor unit (motorische Einheit)
MUAP	motor unit action potential (Muskelaktionspotential)
mV	Millivolt
MVC	maximum voluntary contraction (maximale Willkürkontraktion)
N.	Nervus (Nerv)
OEA	Obliquus externus abdominis
OIA	Obliquus internus abdominis
PNS	Peripheres Nervensystem
RAL	Rectus abdominis lower part
RAU	Rectus abdominis upper part
RGT-Regel	Reaktionsgeschwindigkeitstemperaturregel
RK	Reaktivkraft
RMS	root mean square (geometrischer Mittelwert)

SD	Standard deviation (Standardabweichung)
sEMG	Surface EMG (Oberflächen EMG)
SK	Schnellkraft
ST-Fasern	Slow-Twitch-Fasern
Th	thorakal
U	Ursprung
u. a	unter anderem
Üb.	Übung
ZNS	Zentrales Nervensystem