



universität
wien

Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

**Die Auswirkungen von statischem und dynamischem
Dehnen auf die „Sprunghöhe“, die „10-Yards-Zeit“ und
die
„40-Yards-Zeit“**

Verfasser

Michael Grätz

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, am 06.01.2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Univ.-Ass. Prof. Mag. Dr. Harald TSCHAN

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Einzelne Sätze oder wiedergegebene Textstellen sind als Zitate kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht, noch von anderen Personen vorgelegt.

Michael Grätz

Baden, am 06.01.2010

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Beteiligten für ihre Hilfe bedanken.

Zuallererst gilt mein Dank meinem Betreuer Univ.-Ass. Prof. Mag. Dr. Harald TSCHAN, der mir die Wahl des Themas meiner Magisterarbeit ermöglichte und mich bei meiner Arbeit unterstützte. Er erleichterte mir nicht nur das Vorwärtskommen bei der Literaturrecherche, sondern unterstützte mich auch tatkräftig bei der Bereitstellung des Testequiments.

Außerdem möchte ich mich bei meiner Football Mannschaft, den L.A. Titans, bedanken. Vor allem dem Headcoach Mathias Weinberger und dem Offenseline Coach Manuel Auzinger, die mich bei den Testungen hervorragend unterstützten, möchte ich hiermit meinen herzlichen Dank aussprechen.

Des Weiteren bin ich meinen Freunden Otmane Kabiatadiko und Raphael Hackl zu Dank verpflichtet, da ohne ihre Hilfe die Testungen nicht durchführbar gewesen wären. Meine Freunde halfen mir beim Aufbau des Equipments und standen mir sowohl bei der Zeitmessung als auch bei der Kontrolle des Aufwärmprogrammes tatkräftig zur Seite.

Schließlich möchte ich noch meiner Familie besonderen Dank sagen, die mich bei meiner Arbeit immer unterstützte.

Zusammenfassung

Es ist das Ziel dieser Studie herauszufinden, ob unterschiedliches Aufwärmverhalten sportliche Leistung negativ oder positiv beeinflusst. Zu diesem Zweck wurden die Auswirkungen zweier verschiedener Aufwärmverfahren analysiert. Ein statisches und ein dynamisches Dehnprotokoll wurden mittels Counter-Movement-Jump und den 10- und 40-Yards-Sprintzeiten hinsichtlich deren Auswirkungen auf die Schnell- und Explosivkraftfähigkeiten untersucht. Es wurden 20 männliche Division I (entspricht Division III in den USA) American Footballspieler der Lower Austrian Titans als Testpersonen herangezogen. Die Probanden hatten jeweils eine Ruhezeit von 4-7 Tagen, bis sie erneut getestet wurden. Innerhalb der letzten 24 Stunden vor den Tests, durften die Probanden keine körperlich anstrengenden Tätigkeiten mit ihren unteren Extremitäten durchführen. Das Aufwärmprozedere war wie folgt aufgebaut: Die Probanden wurden im Cross-Over Design in zwei randomisierte Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe vollzog ein statisches, die andere Gruppe ein dynamisches Dehnen. Jede Gruppe machte vor dem Dehnen ein 10-Minuten-Jog-Warm-Up. Die Sprunghöhe wurde mittels Kraftmessplatte und die Sprintzeit mittels Lichtschranken ermittelt. Der Counter-Movement-Jump wies einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Sprunghöhe auf. Nach dynamischem Dehnen war der Sprung im Durchschnitt um 2,2 cm (5,5%) höher als nach statischem Dehnen ($p = 0,026$), ($p \leq 0,05$).

Bei den 10-Yards und 40-Yards-Sprints gab es keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des statischen und dynamischen Dehnens. Es gab eine geringe Verbesserung nach dem dynamischen Dehnen, welche aber statistisch nicht von Relevanz war. Die 10-Yards-Zeiten waren nach dem dynamischen Dehnen im Durchschnitt um 0,03 Sekunden (-1,6%), ($p = 0,118$) und die 40-Yards-Zeiten auch um 0,03 Sekunden (-0,6%), ($p = 0,485$) verbessert ($p \leq 0,05$).

Dynamisches Dehnen sollte vor einer explosiven und schnellkräftigen sportlichen Belastung angewendet werden. Es wird empfohlen das dynamische Dehnen so kurz wie möglich vor dem Wettkampf zu platzieren, um den bestmöglichen Effekt ausnützen zu können.

Schlagwörter: Dehnen, Sprint, Sprunghöhe, CMJ, Sprungleistung, dynamisches Dehnen, statisches Dehnen, Aufwärmen.

Abstract

The aim of this study is to find out if different warm-up protocols have a positive or negative effect on athletic performance. For this purpose, two different warm-up procedures were used. These were a static stretch protocol and a dynamic stretch protocol. They were investigated by means of a counter-movement-jump, 10 and 40 yards dash times. 20 male Division I (equivalent to NCAA Division III in the U.S.) football players of the Lower Austrian Titans were tested. The subjects always had a rest period of 4-7 days until they were retested. Within the last 24 hours before the tests, the subjects were not allowed to perform any strenuous physical activity with their lower extremities. The warm-up procedure was constructed as follows. The subjects were divided into two randomized groups. One of the groups carried out a static stretching, the other one a dynamic stretching protocol. Each of the groups made a 10-minute jog warm-up before the testing started. The jump height was determined by means of a force plate and the sprint time via timing gates.

The results of the counter-movement-jump showed a significant difference in jumping height. On average, the jumping height increased by 2,2 cm (5,5 %) following dynamic stretching compared to static stretching ($p = 0,026$), ($p \leq 0,05$). The times of the 10-yard and 40-yard sprints proved no significant difference concerning static and dynamic stretching. There was a slight improvement following a dynamic stretch, but this was statistically not relevant. After a dynamic stretch, the 10-yard times showed an average improvement of 0,03 seconds (-1,6%) ($p = 0,118$) and the 40-yard times improved by 0,03 seconds (-0,6 %), ($p = 0,485$), ($p \leq 0,05$) respectively.

It follows that dynamic stretching should be used before an explosive and powerful athletic performance. It is recommended to place the dynamic stretching as close as possible to the competition to exploit the best possible effect. A static stretching, on the other hand, will inhibit the jump performance.

Key words: stretching, sprint, jump height, CMJ, jumping performance, dynamic stretching, static stretching, warm-up.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	8
2. BEGRIFFSKLÄRUNG UND DEFINITIONEN	10
2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG	11
2.2 ARTEN DER BEWEGLICHKEIT	12
3. ANATOMISCHER UND PHYSIOLOGISCHER AUFBAU DER MUSKULATUR.....	14
3.1 AUFBAU DER MUSKULATUR.....	14
3.2 ERREGUNGS-AUSBREITUNG IN DER MUSKULATUR	18
3.3 „GLEIT-FILAMENTE-THEORIE“	19
3.4 UNTERSCHIEDLICHE MUSKELFASERTYPEN	20
3.5 PROPRIOZEPTOREN	24
4. AUFWÄRMEN	27
4.1 STRETCHING WÄHREND DES AUFWÄRMENS	27
4.2 UNTERSCHIEDLICHE KOMPONENTEN DES AUFWÄRMENS.....	28
5. FLEXIBILITÄT	30
5.1 FLEXIBILITÄT UND SPORTLICHE LEISTUNG.....	30
5.2 FAKTOREN DIE FLEXIBILITÄT BEEINFLUSSEN	30
6. STRETCHING	32
6.1 AKTIVE DEHNUNGSMETHODE	32
6.2 PASSIVE DEHNUNGSMETHODE	33
6.3 PROPRIOZEPTOREN UND STRETCHING	34
7. UNTERSCHIEDLICHE STRETCHINGMETHODEN.....	35
7.1 STRETCHING (STATISCHES DEHNEN).....	35
7.2 FREQUENZ, INTENSITÄT UND DAUER EINES DEHNUNGSPROGRAMMS	40
7.3 WANN SOLLTEN DIE SPORTLERIN BZW. DER SPORTLER DEHNEN?	40
7.4 WIRKUNG DES STRETCHINGS	41
8. RELEVANTE STUDIEN ZU DIESEM THEMA.....	42
8.1 EFFECTS OF DYNAMIC AND STATIC STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY.....	42
8.2 EFFECTS OF STATIC STRETCHING FOR 30 SECONDS AND DYNAMIC STRETCHING ON LEG EXTENSION POWER.....	45
8.3 PRETESTING STATIC AND DYNAMIC STRETCHING DOES NOT AFFECT MAXIMAL STRENGTH.....	51
8.4 STATIC STRETCHING IMPAIRS SPRINT PERFORMANCE IN COLLEGIATE TRACK AND FIELD ATHLETES.....	53
8.5 THE ACUTE EFFECTS OF COMBINED STATIC AND DYNAMIC STRETCH PROTOCOLS ON FIFTY-METER SPRINT PERFORMANCE IN TRACK-AND-FIELD ATHLETES.....	55
8.6 THE ACUTE EFFECTS OF DYNAMIC AND BALLISTIC STRETCHING ON VERTICAL JUMP HEIGHT, FORCE, AND POWER	59
8.7 THE EFFECT OF DIFFERENT WARM-UP STRETCH PROTOCOLS ON 20 METER SPRINT PERFORMANCE IN TRAINED RUGBY UNION PLAYERS	64
8.8 THE EFFECT OF STATIC STRETCHING ON PHASES OF SPRINT PERFORMANCE IN ELITE SOCCER PLAYERS.....	67
8.9 THE EFFECTS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION AND DYNAMIC STRETCHING TECHNIQUES ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE	70
9. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG	74
9.1 EINLEITUNG	74
9.2 METHODE.....	78
9.3 PROBANDEN	80
9.4 TESTAUFBAU.....	80

9.5 ERGEBNISSE	89
9.6 STATISTISCHE ANALYSE	97
9.7 RESULTATE	98
9.8 DISKUSSION	98
9.9 SPORTLICHE RELEVANZ	100
10. ZUSAMMENFASSUNG	101
LITERATUR.....	102
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	112
TABELLENVERZEICHNIS	114
ANHANG.....	115

1. Einleitung

Im Wesentlichen erreichen Sportlerinnen und Sportler ihre Spitzenleistungen durch eine langfristige, strukturierte Trainingsplanung. Viele Untersuchungen stellten fest, dass es eine Vielzahl von Methoden gibt, die darauf abzielen das Kraftpotential zu optimieren, die Ausdauer zu verbessern und die körperliche Leistung im Allgemeinen zu maximieren. Geringes Augenmerk wurde bisher auf das Aufwärmen gelegt, speziell auf die unterschiedlichen Dehnvarianten wurde nicht näher eingegangen.

Die Athleten und Athletinnen im American Football absolvieren traditionell ein umfangreiches Aufwärm- und Dehnprogramm als Teil ihrer Vorbereitung für das Training und den Wettbewerb. Lange war man überzeugt, dass diese Verfahren eine verbesserte sportliche Leistung mit sich bringen. In den letzten Jahren wurde die Art des Aufwärmens in Frage gestellt, insbesondere das statische Dehnen wurde mit einem Rückgang der muskulären Leistungsfähigkeit assoziiert.

Viele Sportlerinnen und Sportler verzichten deshalb heute auf den statisch passiven Ansatz des Aufwärmens zu Gunsten eines dynamischen Stretchings, das als eine Bewegung über den vollen aktiven Bewegungsradius einer oder mehrerer Gelenke definiert wird (Fletcher und Jones, 2004, S. 885–888). Die meisten Sportlerinnen und Sportler wenden nicht mehr passives Dehnen sondern dynamisches Dehnen in ihren Aufwärmprogrammen an, da sie sich eine Verbesserung der Leistung erhoffen. Dynamisches Dehnen wird häufig mit ballistischem Dehnen verwechselt. Wie schon oben erwähnt wird dynamisches Dehnen als eine kontrollierte Bewegung über den ganzen Bewegungsradius eines Gelenkes definiert. Hingegen wird ballistisches Dehnen als ein wippendes Dehnen verstanden, d.h. man begibt sich in die Dehnposition und beginnt kontrolliert zu wippen.

Mittels einer quantitativen Untersuchung sollen folgende Forschungsfragen geklärt werden bzw. folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Gibt es einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der Counter-Movement-Sprunghöhe?
2. Gibt es einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 10-Yards-Sprintzeit?

-
3. Gibt es einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 40-Yards-Sprintzeit?

Folgende Hypothesen werden aufgestellt:

1. Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der Counter-Movement-Sprunghöhe.
2. Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 10-Yards-Sprintzeit.
3. Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 40-Yards-Sprintzeit.

Aus den einzelnen Fragen und Hypothesen ergibt sich nun das Thema für meine Magisterarbeit, das wie folgt lautet:

Die Auswirkungen von statischem und dynamischem Dehnen auf die „Sprunghöhe“, die „10-Yards-Zeit“ und die „40-Yards-Zeit“.

Es ist das Ziel dieser Arbeit mittels quantitativen Testverfahren herauszufinden, ob die aufgestellten Hypothesen zutreffen oder nicht.

Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit der Begriffsklärung und den Definitionen von Beweglichkeit. Das dritte Kapitel gibt Auskunft über den anatomischen und physiologischen Aufbau der Muskulatur, außerdem wird auf den histologischen Aufbau, die Propriozeptoren, die Erregungsausbreitung und die unterschiedlichen Muskelfasertypen näher eingegangen. Im vierten Kapitel wird das Aufwärmen näher durchleuchtet. Das Hauptaugenmerk wird hier auf die unterschiedlichen Aufwärmverhalten und das Stretching während des Aufwärmens gelegt. Im darauf folgenden fünften Kapitel wird die Flexibilität beschrieben. Es wird vor allem auf die Flexibilität und die sportliche Leistung näher eingegangen, außerdem werden Faktoren, welche die Flexibilität beeinflussen beschrieben. Das sechste Kapitel behandelt das Thema Stretching, hier wird aber auch der Zusammenhang zwischen Propriozeptoren und Stretching beschrieben. Kapitel sieben beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Stretchingmethoden und mit den konkreten Unterschieden zwischen den einzelnen Methoden. Im achten Kapitel gibt es eine Kurzbeschreibung der aktuellen Studien zu diesem Thema. Im neunten Kapitel wird die Forschungsfrage, die zu Beginn der Arbeit gestellt wurde, mittels

statistischer Analyse verifiziert bzw. falsifiziert. Im Anschluss erfolgt im zehnten Kapitel eine Zusammenfassung der gesamten Arbeit.

2. Begriffsklärung und Definitionen

Die Beweglichkeit ist aus dem Leistungssport nicht mehr wegzudenken, denn sie ist eine elementare Voraussetzung für eine qualitativ und quantitativ gute Bewegungsausführung (Weineck, 2007, S. 738).

Die Beweglichkeit wird nach *Weineck* zwischen den konditionellen und koordinativen Fähigkeiten gesehen und ist ein relativ eigenständiges Merkmal in der sportlichen Leistungsfähigkeit. Das Training der Beweglichkeit hat unter anderem einen positiven Effekt auf die Kraft und Schnelligkeit bzw. auf die sportlichen Fertigkeiten.

Die Beweglichkeit ist eine der fünf motorischen Hauptbeanspruchungsformen, welche die Grundeigenschaften der körperlichen Leistungsfähigkeit des Menschen bilden (Albrecht et al., 1999, S. 15).

Weineck (2007) beschreibt folgende Vorteile eines Beweglichkeitstrainings:

- Optimierung der qualitativen und quantitativen Bewegungsausführung

Eine erhöhte Beweglichkeit führt zu einer Optimierung des Bewegungsflusses, der Bewegungsharmonie und des Bewegungsausdrucks.

- Optimierung der koordinativen und technischen Leistungsfähigkeit sowie des motorischen Lernprozesses

Eine optimal entwickelte Beweglichkeit erweitert das Spektrum der möglichen sportartspezifischen Bewegungstechniken und beschleunigt den motorischen Lernprozess.

- Optimierung der konditionellen motorischen Hauptbeanspruchungsformen

Verkürzte und unzureichend dehnfähige Muskeln haben eine verringerte Kraft.

-
- Verletzungsprophylaxe

Eine optimal entwickelte Beweglichkeit führt zu einer hohen Elastizität, Dehnbarkeit und Entspannungsfähigkeit der beteiligten Muskeln und Sehnen und leistet damit einen wichtigen Beitrag für eine gute Belastungsverträglichkeit und Verletzungsprophylaxe.

- Haltungsprophylaxe/ Vermeidung von muskulären Dysbalancen

Verkürzte Muskeln werden gedehnt.

- Optimierung der Wiederherstellung

Schnellere Wiederherstellung nach einer Belastung → „Cool-down“

- Psychoregulation

Die Dehnung bewirkt nicht nur eine muskuläre Entspannung sondern auch eine psychische Entspannung.

- Optimierung der Trainingseinstellung/Ausschöpfen des Leistungspotentials

Eine effektive Verletzungsprophylaxe ermöglicht eine vollständige Ausschöpfung des individuellen Leistungspotentials.

- Rasche Wiederherstellung nach einer Verletzung

2.1 Begriffsbestimmung

Die Beweglichkeit ist die Fähigkeit und Eigenschaft der Sportlerin und des Sportlers, Bewegungen mit großer Schwingungsweite selbst oder unter dem unterstützenden Einfluss äußerer Kräfte in einem oder in mehreren Gelenken ausführen zu können (Weineck, 2007, S. 735).

Die Beweglichkeit wird häufig anhand des maximal möglichen Bewegungsausmaßes eines Gelenkssystems beurteilt. Aus anatomisch-physiologischer Sicht sind zwei Komponenten für die Beweglichkeit verantwortlich, die Gelenkigkeit und die Dehnfähigkeit (Albrecht et al., 1999, S. 15).

Unterbegriffe der Beweglichkeit:

- Gelenkigkeit: betrifft die Strukturen der Gelenke
- Dehnungsfähigkeit: betrifft die Muskeln, Sehnen, Bänder und den Kapselapparat

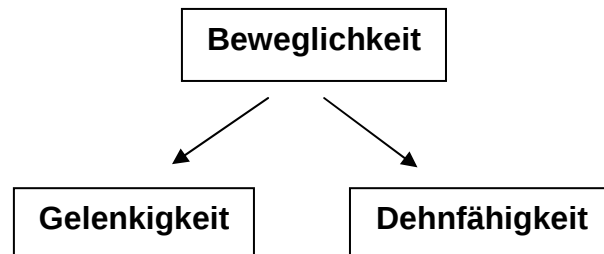


Abb. 1: Komponenten der Beweglichkeit (Albrecht et al., 1999, S. 15)

2.2 Arten der Beweglichkeit

Nach *Weineck (2007)* lässt sich die Beweglichkeit in folgende Subkategorien unterteilen. Es gibt die allgemeine und spezielle, die aktive und passive Beweglichkeit sowie die Eigen- und die Fremddehnung.

Allgemeine Beweglichkeit

Es wird die Beweglichkeit in den wichtigsten Gelenken beschrieben (Schulter- und Hüftgelenk, Wirbelsäule).

Spezielle Beweglichkeit

Es wird die Beweglichkeit eines einzelnen Gelenkes betrachtet. Dies ist sportartspezifisch von höchster Relevanz.

Aktive Beweglichkeit

Ist jene Bewegungsamplitude, die durch die Anspannung des Agonisten erreicht wird. Durch die Kontraktion des Agonisten wird der Antagonist gedehnt. Dies wird nach *Glück et al., 2002, S. 67* auch als Eigendehnung bezeichnet.

Passive Beweglichkeit

Ist die größte Bewegungsamplitude, die ein Mensch durch äußere Bewegungseinwirkung (z.B. Partner und Partnerin) erreichen kann. Sie ist vor allem von der Entspannungsfähigkeit

des Antagonisten abhängig und wird nach Glück et al., 2002, S. 67 auch als Fremddehnung bezeichnet.

Die *passive* Beweglichkeit ist immer größer als die *aktive* Beweglichkeit. Die Differenz zwischen aktiver und passiver Beweglichkeit nennt man Bewegungsdifferenz (Weineck, 2007, S. 735).

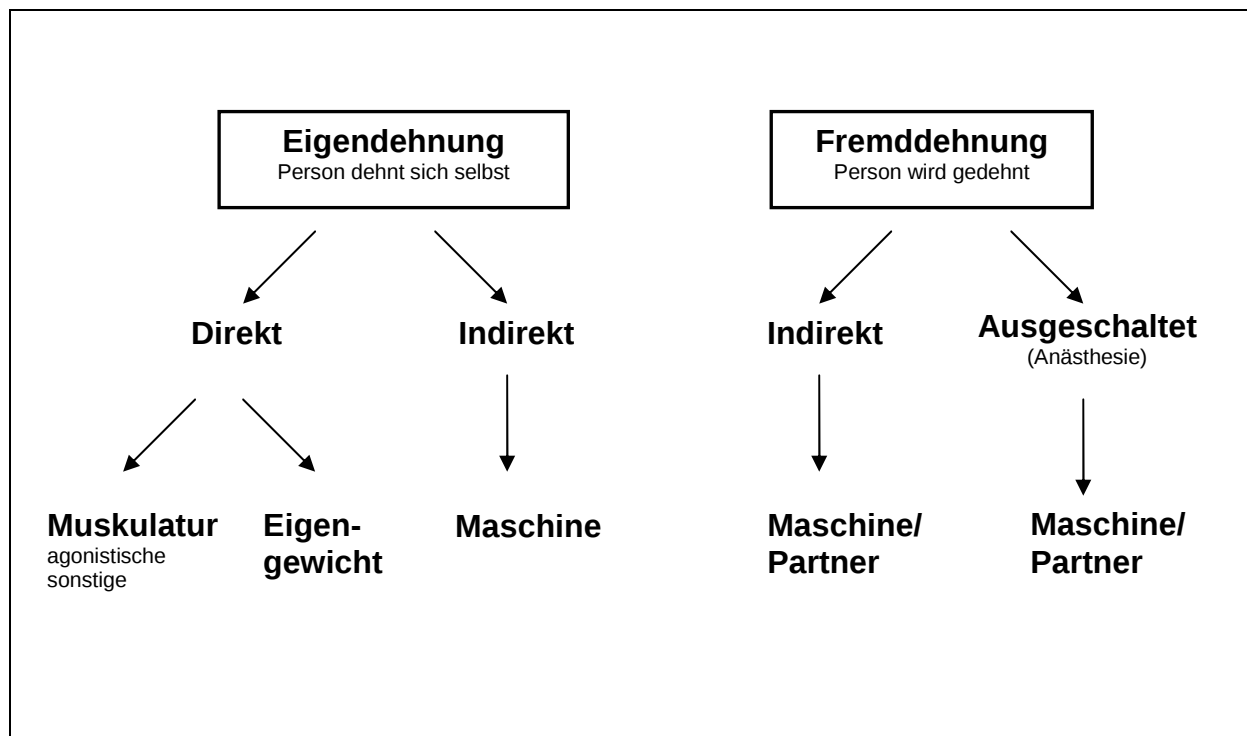


Abb. 2: Differenzierung der verschiedenen Formen der Muskeldehnung (Glück et al., 2002, S. 67)

Statische Beweglichkeit

Unter diesem Begriff versteht man das Halten einer Dehnungsübung über einen vordefinierten Zeitraum, was beim Stretching eine wichtige Rolle spielt (Weineck, 2007, S. 737).

3. Anatomischer und physiologischer Aufbau der Muskulatur

Jeder Skelettmuskel ist ein Organ, das aus folgenden Bestandteilen aufgebaut ist: Der Muskel besitzt Muskelgewebe, Nerven, Blutgefäße und Bindegewebe. Der menschliche Körper besitzt 430 unterschiedliche Skelettmuskeln. Die Sehne verbindet den Muskel mit dem Knochenperiost, einem speziellen Bindegewebe, das alle Knochen umgibt. Jede Kontraktion der Muskulatur führt dazu, dass der Knochen über die Sehnen bewegt wird. Die Muskulatur in den Extremitäten hat jeweils zwei Verbindungspunkte zum Knochen. Es gibt den proximalen (auch Muskelursprung - näher dem Körpermittelpunkt) und den distalen (auch Muskelansatz - weiter weg vom Körpermittelpunkt) Ansatzpunkt (Bachle und Earl, 2008, S. 04).

Weineck (2007) beschreibt, dass die Muskelzelle die gleichen, subzellulären Strukturen wie andere Zelltypen aufweist, aber dennoch in ihrem Aufbau Unterschiede bestehen.

Die Muskelzelle ist mehrere cm lang und beinhaltet mehrere randständige Kerne (mehr als 100 pro Muskelzelle). Die Muskelzelle, die identisch mit der Muskelfaser ist (20 – 100 µm dick; 0,1cm - 15cm lang), besteht aus in Bündeln zusammengefassten und nacheinander geschalteten Myofibrillen, welche wiederum die kleinste funktionelle Einheit einer Muskelzelle beinhalten, das Sarkomer. Das Sarkomer besteht aus Aktin-, Myosin- und Titinfilamenten (zentriert die Myosinfilamente während der Kontraktion), welche für die Kontraktion der Muskelfaser verantwortlich sind. Myofibrillen erzeugen die Längsstreifung (A-Band: Myosinfilamente; I-Band: nur Aktinfilamente; H-Band: Aufhängung des Myosins; Z-Streifen: Aufhängung der Aktin- und Titinfilamente) (de Marées, 2003, S. 28-29).

3.1 Aufbau der Muskulatur

3.1.1 Muskelhüllen

Das Sarkolemm ist eine komplexe, hochspezialisierte biologische Struktur. Sie ist durchlässig für organische Substanzen und die Elektrolyse. Das Sarkolemm umgibt die Muskelfaser, die wiederum vom Endomysium umgeben ist. Mehrere Muskelfasern sind im Perimysium internum zusammengefasst (= Primärbündel), mehrere Primärbündel sind wiederum im Perimysium externum (= Fleischfaser) vereinigt.

In der Muskelzelle befinden sich folgende Bestandteile: Mitochondrien, Glykogenspeicher, intramuskuläre Triglyceridtröpfchen, sarkoplasmatisches Retikulum, Ribosomen, Golgi-Apparat (synthetisiert Proteine und Mukopolysaccharide), Zellkern, Lysosomen, Peroxysomen und der Zellkern. Für die Reizübertragung sind transversale (Reizleiter in die Zelle) und longitudinale Tubuli (Ca^{2+} Speicher) angeordnet (Hollmann und Strüder, 2009, S.44).

3.1.2 Das Zytoplasma (Sarkoplasma)

Das Zytoplasma (Zellplasma) ist eine elektrolyt- und proteinhaltige Flüssigkeit, welche die Grundsubstanz der Zelle darstellt. Sie nimmt 70 % des Zellraumes in Anspruch. Zu den Sarkoplasmaproteinen gehört das Myoglobin, das in seiner Struktur dem Hämoglobin nahe verwandt ist. Es spielt beim Sauerstofftransport innerhalb des Muskels eine wichtige Rolle. Im Zytoplasma ist der Ort der anaeroben Energiegewinnung (Glykolyse) (de Marées, 2003, S. 358), weiters befinden sich dort auch die verschiedenen Energiespeicher (Glykogenschollen, Fetttröpfchen) (Hollmann und Strüder, 2009, S. 46).

3.1.3 Das sarkoplasmatische Reticulum

Das sarkoplasmatische Reticulum erstreckt sich über das gesamte Zytoplasma und stellt das intrazelluläre Transportsystem dar. Die Oberfläche ist teilweise mit Ribosomen bedeckt, wo die Proteinsynthese stattfindet. Außerdem spielt das sarkoplasmatische Reticulum eine wichtige Rolle bei der Erregungsübertragung von der Oberfläche zum kontraktile Fibrillenapparat (Hollmann und Strüder, 2009, S.13, S. 46).

3.1.4 Der Zellkern

Der Zellkern enthält das genetische Material und steuert Stoffwechselprozesse. Hier findet die Synthese und Einlagerung von DNS (Desoxyribonukleinsäure) statt. Der Kern ist von einer Doppelmembran umgeben, die von vielfältigen Poren durchsetzt ist, durch welche die m-RNS (messenger-Ribonukleinsäure) austreten kann (Hollmann und Stüder, 2009, S. 13).

3.1.5 Die Mitochondrien

Der Ort der aeroben Oxidation und die damit verbundene ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung liegt in den sog. Mitochondrien. Die Mitochondrien sind die Kraftwerke der

Zelle. In ihnen findet die oxidative Verbrennung der energiereichen Substrate statt. Weiters befinden sich die Enzyme des Zitratzyklus und der Atmungskette in den Mitochondrien (de Marées, 2003, S. 358).

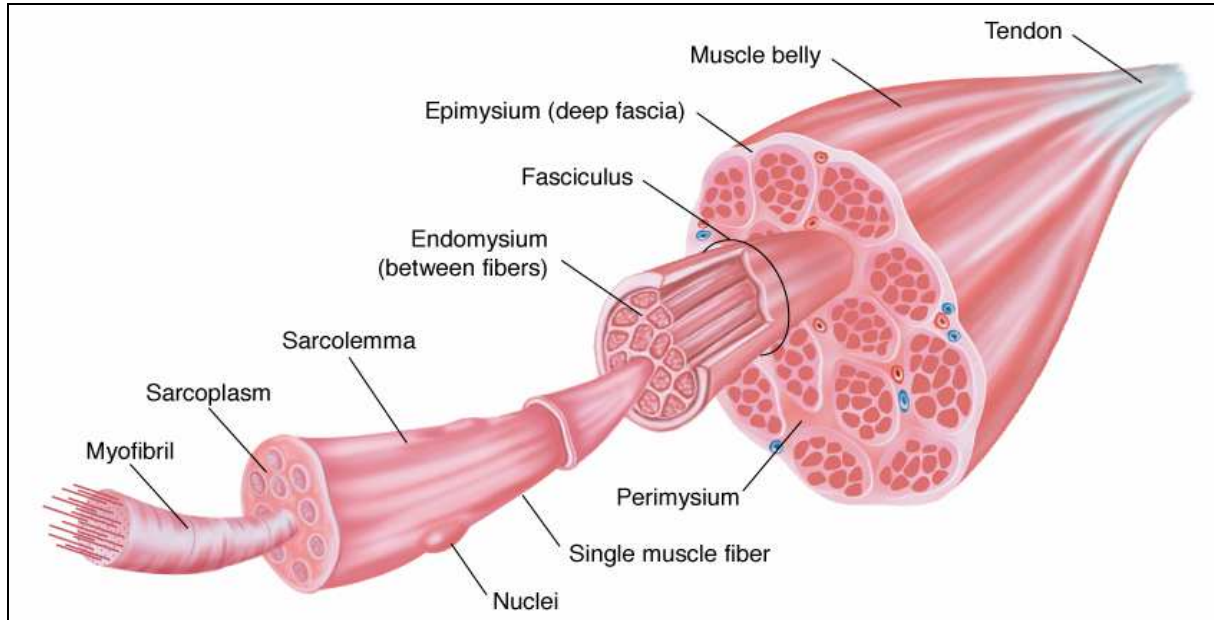


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Muskels (Bachle und Earl, 2008, S. 05)

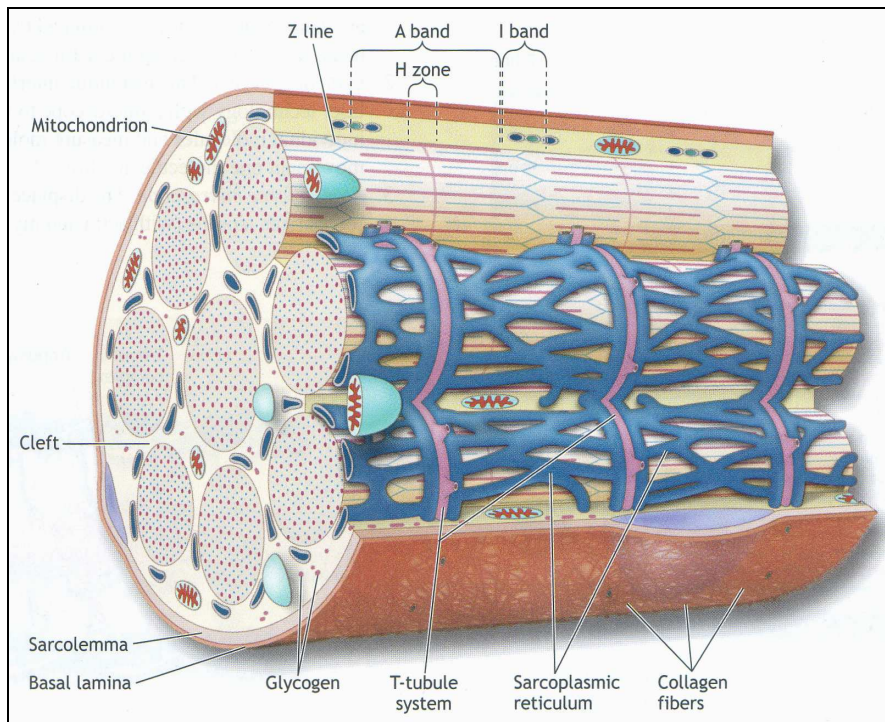


Abb. 4: Muskelfaser im Detail (McArdle, 2007, S. 375)

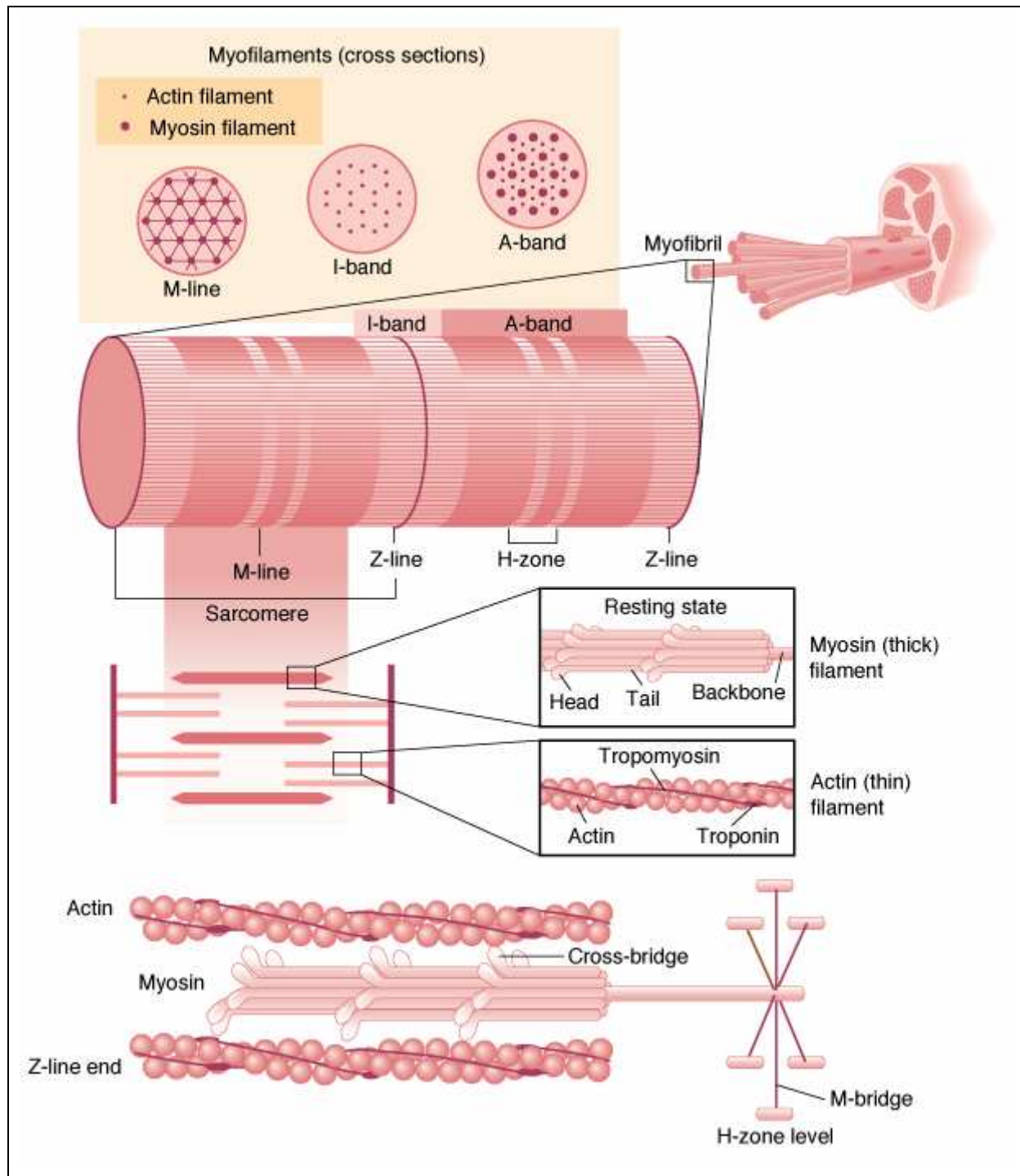


Abb. 5: Detaillierte Ansicht eines Sacromers (Bachle und Earl, 2008, S. 06)

3.2 Erregungsausbreitung in der Muskulatur

Die Verbindung zwischen einem Motoneuron und den Muskelfasern wird auch als motorische Endplatte oder als neuromuskuläre Verbindung bezeichnet. Ein Singelmotoneuron innerviert oft mehrere hundert Muskelfasern, je nach Sensibilität der Muskulatur. Die jeweilige Muskulatur und das dazugehörige Motoneuron werden als motorische Einheit bezeichnet. Alle Muskelfasern einer motorischen Einheit kontrahieren zusammen, wenn sie durch ein Motoneuron stimuliert werden (Bachle und Earl, 2008, S. 04-05).

Über die Axone erreicht eine nervale Erregung, genauer gesagt ein elektrischer Impuls, die Muskelfaser. Wenn mehrere Muskelfasern von einem Axon innerviert werden, muss sich das Axon präsynaptisch verzweigen. Das elektrische Signal muss präsynaptisch in ein chemisches Signal umgewandelt werden, damit es den synaptischen Spalt überqueren kann, der zwischen der Muskelfaser und der motorischen Endplatte der Nervenfaser besteht. Acetylcholin dient als Neurotransmitter und wird aus den präsynaptischen Vesikeln freigesetzt. Je stärker der Reiz, desto höher ist die Freisetzung. Postsynaptisch wird das Acetylcholin von Rezeptoren empfangen, welche den chemischen Reiz wieder in ein elektrisches Signal umwandeln (De Marées, 2003, S. 31-33). Der elektrische Impuls kommt nun zu den transversalen Tubuli, welche den Reiz in die Muskelfasern zu den Ca^{2+} Speichern (longitudinale Tubuli) weiterleiten. Ca^{2+} wird nach einem elektrischen Impuls aus den longitudinalen Tubuli freigesetzt und in die kontraktilen Systeme (Aktin und Myosin) eingeschleust. In der Ruhephase ist nur eine kleine Menge an Calcium in den Myofibrillen präsent, so dass nur eine geringe Anzahl an Bindungen von Aktin und Myosin vorhanden ist (McArdle et al., 2007, S.373-374).

Vom Myosin gehen verschiedene Strukturen weg: Myosinhals und Myosinkopf. Das Aktinfilament besteht aus zwei mit Proteinen besetzten Perlschnüren, zwischen welchen der Tropomyosinfaden gelegen ist. Wenn nun Ca^{2+} in die Muskelzelle kommt, zieht sich der Tropomyosinfaden zurück. Der Myosinkopf geht mit den Aktinmolekülen eine Brückenbildung ein und dockt an diese an. Die Myosinköpfe knicken nun unter Spaltung von ATP ab und ziehen die beiden Z-Streifen aufeinander zu. Der Greif-Loslass-Zyklus beschreibt den Vorgang des schnellen Loslassens der Myosinköpfe (unter Energiespaltung) und des schnellen Weitergreifens dieser, um eine Muskelverkürzung von mehr als 50% zu erreichen (wie bei der Einholung eines Seils). Es werden immer alle Muskelfasern aktiviert und nicht einzelne Muskelfasern angesteuert oder nicht. Dieser Effekt folgt dem „Alles oder Nichts Prinzip“. Dieses Phänomen ist vergleichbar mit dem Abfeuern einer Pistole. Wird genügend

Kraft gegen den Abzug angewandt, schießt die Pistole. Wenn man aber den Abzug stärker betätigt, wird die Pistolenkugel nicht schneller aus dem Lauf beschleunigt, die Ansteuerung bleibt dieselbe. Die weitere Wirkung von Ca^{2+} besteht darin, das Enzym MyosinATPase zu aktivieren, welches für die Spaltung von ATP zu ADP + P verantwortlich ist und somit den Schlüssel für die Energieerzeugung darstellt. Weiters aktiviert Ca^{2+} noch das Enzym Phosphorylase, welches die Spaltung von Muskelglykogen beschleunigt und somit die ATP-Resynthese aus Kohlenhydraten sicherstellt (McArdle et al., 2007, S. 379-380).

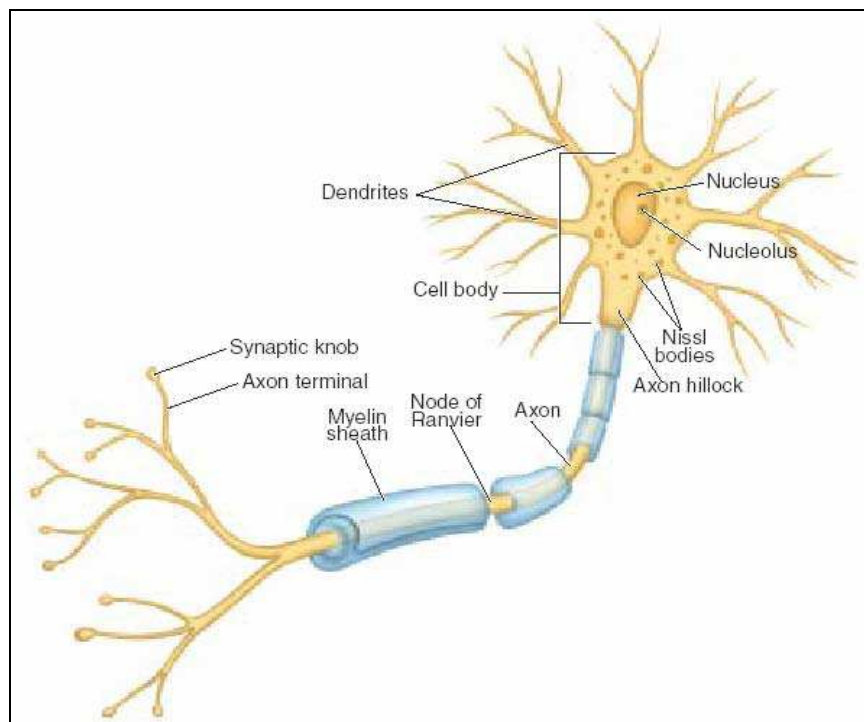


Abb. 6: Motoneuron (Bachle und Earl, 2008, S. 05)

3.3 „Gleit-Filamente-Theorie“

Die „Gleit-Filament-Theorie“ wird nachfolgend vereinfacht dargestellt (McArdle et al., 2007, S.375-378):

- Calciumionen werden freigesetzt (aus den longitudinalen Tubuli).
- ATP-Energie wird durch Myosin in Konformationsenergie umgesetzt.
- Myosin-Bindungsstelle an Aktin wird zugänglich.
- Brückenbildung zw. Actin- u. Myosinköpfchen
- Umkippen des Myosinköpfchens
- Lösen der Verbindung
- Aufrichten des Myosinköpfchens

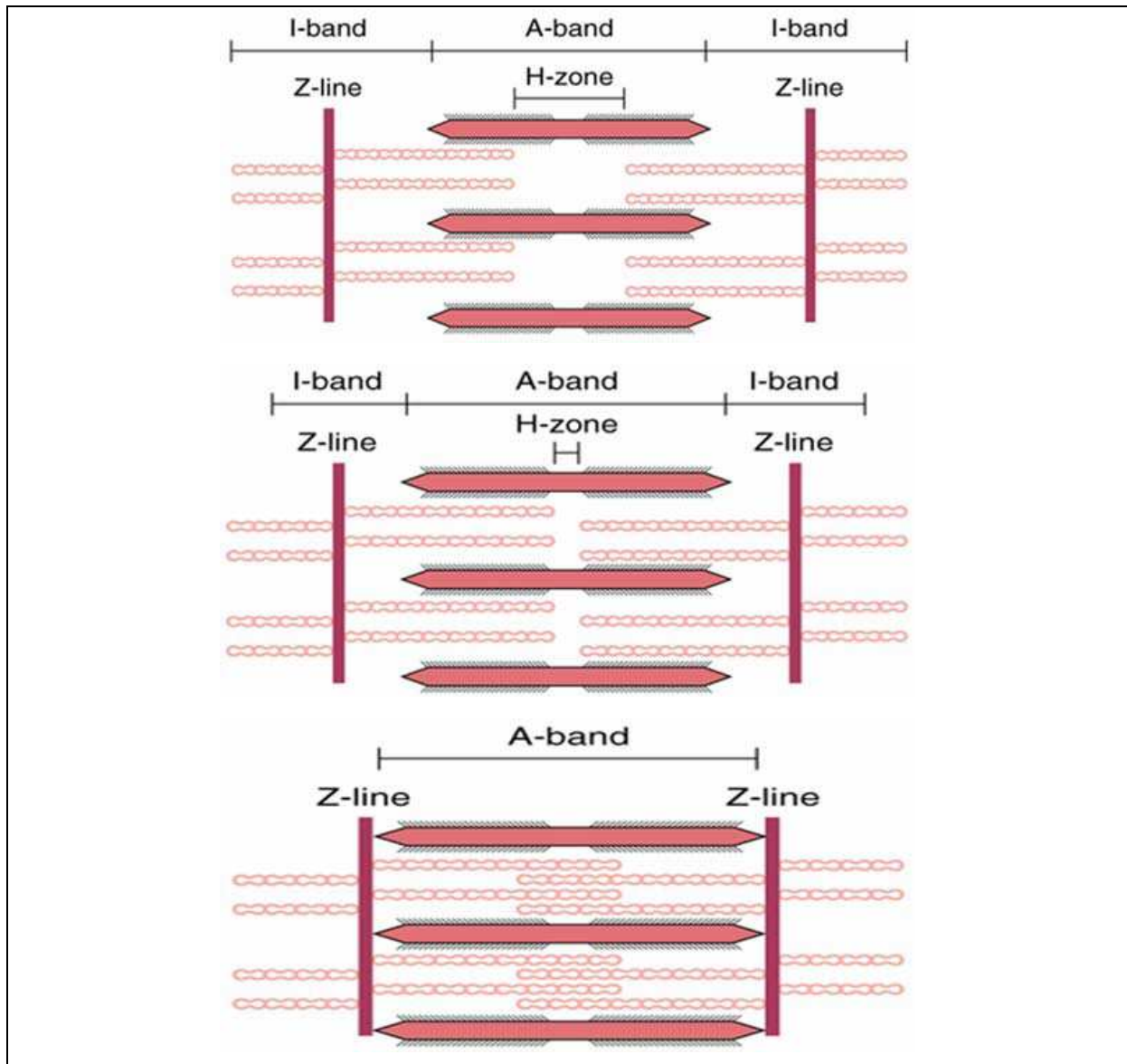


Abb. 7: Unterschiedliche Phase der Gleit-Filamententheorie (Bachle und Earl, 2008, S. 07) (a) der Muskel ist entspannt, (b) der Muskel beginnt zu kontrahieren, (c) der Muskel ist vollständig kontrahiert.

3.4 Unterschiedliche Muskelfasertypen

(McArdle et al., 2007, S.380-383; Weineck, 2007, S. 141 ff.; De Mareés, 2003, S. 176-180; Bachle und Earl, 2008, S. 09 ff.)

Die Muskelfasertypen werden nach ihrem unterschiedlichen Myosin-Heavy-Chain (MHC) Proteinkomplex in verschiedene Klassen eingeteilt:

3.4.1 Typ I, ST-Fasern: langsam kontrahierend, slow-twitch, tonisch, rot

Feuerungsrate bis 200msec., ca. 90% der Rumpfmuskulatur

Training: extensives Ausdauertraining

lange Belastungsdauer (~30 bis 60min)

- langsam kontrahierend
- wenig Kraft pro Kontraktion
- Glykogenreichtum
- mit hochaktiven Enzymen des aeroben Stoffwechsels (Fett u. KH)
- mehr Mitochondrien als Zytoplasma
- wenig Phosphogene
- Sie sind die ermüdungsresistenten Fasern der aeroben Energiebereitstellung (z.B. Rumpfmuskulatur).

3.4.2 Typ II , FT Fasern: weiß, schnell kontrahierend

Die Typ II Fasern können in zwei Subkategorien eingeteilt werden:

3.4.2.1 Typ II a, FR (fatigue resistant, geringe Ermüdung, große Kräfte, relativ lang, schwer ermüdbar), FTO (Fast twitch oxidativ = aerob)

Feuerungsrate 50-150msec., vermehrt in Rücken- und Beinmuskulatur

Training: klassisches Hypertrophietraining bis max. 20 Wiederholungen

Belastungsintensität: 60-80% Fmax

- schnell kontrahierend
- kräftige Kontraktion
- viele Mitochondrien
- mäßig viel Myoglobin
- viele Kapillaren
- reich an energiereichen Phosphaten und Glykogen
- enthalten Enzyme des anaeroben Stoffwechsels

3.4.2.2 Typ II x (b), FF, FTG-Fasern (Fast twitch glykolytisch)

Feuerungsrate unter 100msec., vermehrt in oberen Extremitäten zu finden

Training: Belastungsdauer 2-4 sec.

Belastungsintensität: 90-100% Fmax

- extrem schnell kontrahierend
- extrem große Kräfte
- extrem rasch ermüdbar
- sehr viele KH gespeichert
- Dominanz von Enzymen des anaeroben Stoffwechsels

Die unterschiedlichen Fasertypen kommen gemäß ihres physiologischen und anatomischen Aufbaus bei unterschiedlichen Belastungen zum Einsatz z.B.:

- ST - weniger Kraft, langsamer, Ausdauer
- FT - viel Kraft, Schnelligkeit
- FTG - nur bei maximalen Bewegungseinsätzen

Die Anlage der verschiedenen Muskelfasern ist genetisch nicht festgelegt (nur begünstigt).

Umwandlung von ST-Fasern → FT-Fasern ist NICHT möglich.

Umwandlung von FT-Fasern → ST-Fasern ist durch spezielles Training, vermehrtes Ausdauertraining möglich.

Durch ein spezielles Training ist eine Umwandlung von FTG in FTO und umgekehrt möglich. Die herbeigeführte Umwandlung geht nach einer Trainingspause wieder zurück zum Ursprung.

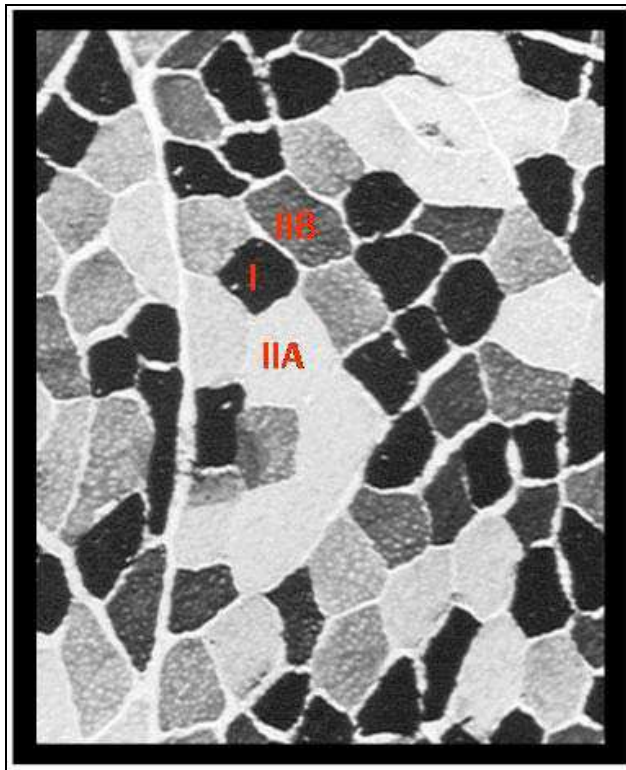
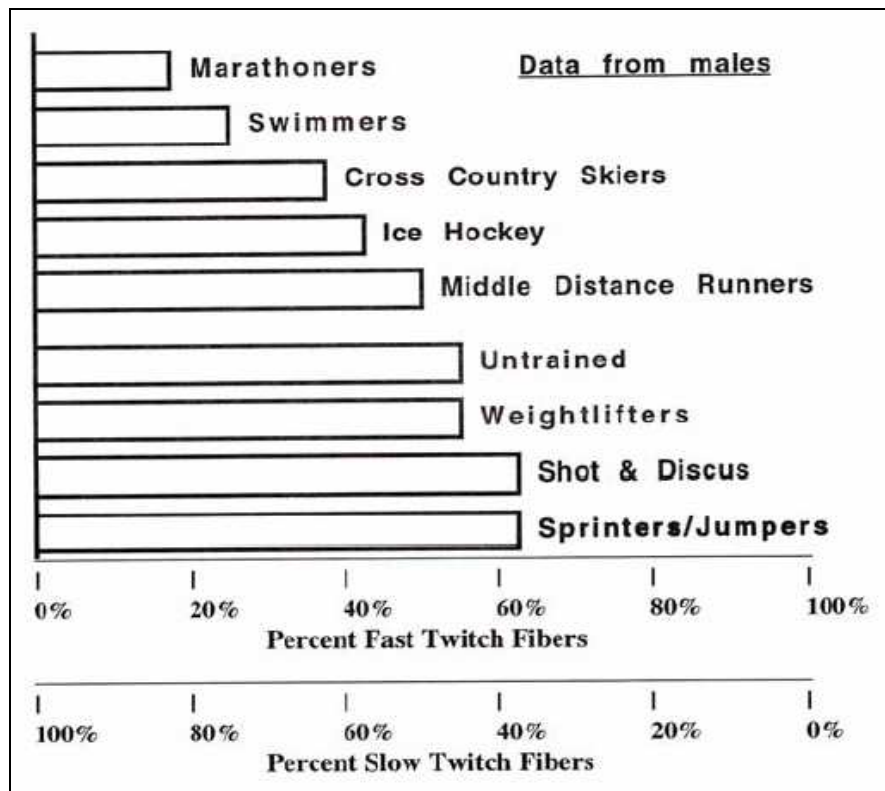


Abb. 8: Muskelfasertypen im Skelettmuskel (Hollmann und Stüder, 2009, S. 52)

Tab. 1: Unterschiede in der Muskelfaserzusammensetzung



Quelle: mod. nach Bachle und Earl (2008, S. 11)

3.5 Propriozeptoren

Propriozeptoren sind hoch spezialisierte sensorische Rezeptoren, die in den Sehnen, Muskeln und Gelenken platziert sind. Diese Rezeptoren reagieren auf Druck- und Spannungsänderungen und geben Auskunft über die dynamische Veränderung der Muskulatur (McArdle, 2007, S. 409). Die Informationen werden entweder bewusst oder unterbewusst von dem Zentralnervensystem verarbeitet, zum größten Teil findet diese Verarbeitung jedoch unterbewusst statt (Bachle und Earl, 2008, S. 12).

3.5.1 Golgi-Sehnenorgane (GTOs)

Die Golgi-Sehnenorgane sind Spannungsrezeptoren in der Sehne, die aus bis zu 25 extrafasculen Fasern bestehen. Sie sollen den Muskel vor einer zu hohen Spannungsentwicklung schützen → Schutz vor der Selbstzerreißung (McArdle, 2007, S. 413).

Die Reizschwelle des Golgi-Sehnenorgans liegt viel höher als die der Muskelspindel, weswegen eine viel größere Reizschwelle von Nöten ist, um die Sehnen-spindel im Sinn eines Dehnungsrezeptors in Funktion treten zu lassen.

Kommt es zu einer kritischen Spannung in der Muskulatur, tritt das Golgi-Sehnenorgan in Kraft und es kommt zu einer Entspannung der gedehnten Muskulatur. Man spricht von einer Eigenhemmung bzw. autogenen Inhibition. Diese Hemmung dient dem Schutz der Muskulatur (Weineck, 2007, S. 751).

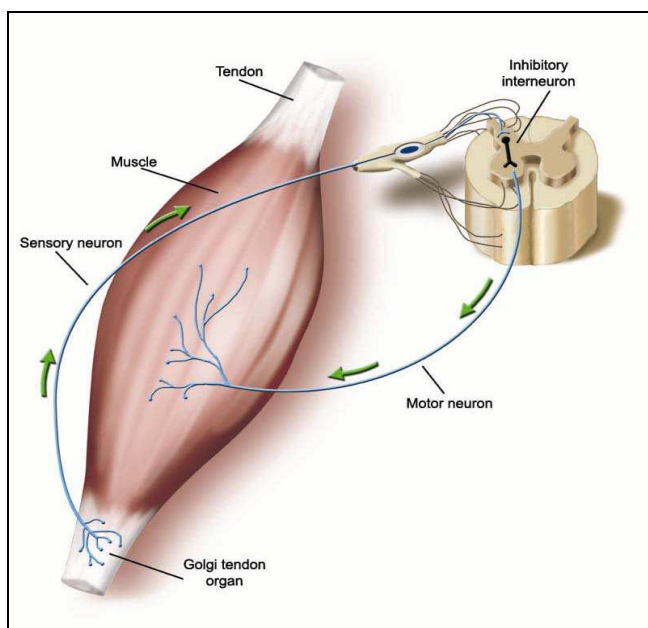


Abb. 9: Golgi-Sehnenorgan (Bachle und Earl, 2008, S. 13)

3.5.2 Muskelspindeln

Die Muskelspindeln sind intrafusale Muskelfasern, die eine Länge von 2-3 mm erreichen. Die Muskelspindeln setzen sich aus quergestreiften Muskelfasern zusammen, die jeweils zwischen der eigentlichen Arbeitsmuskulatur eingebettet sind. Sie beinhalten die so genannten Kernhaufenfasern, die für die Bestimmung der Kontraktionsgeschwindigkeit verantwortlich sind. Darüber hinaus gibt es noch die Kernkettenfasern, die für die Bestimmung der Muskeldehnung verantwortlich sind (Hollmann und Strüder, 2009, S. 42).

Die eigentliche Arbeitsmuskulatur wird von den schnellen Alpha-Motoneuronen innerviert. Im Gegensatz dazu stehen die Muskelspindeln, die von den langsamen Gamma-Motoneuronen innerviert werden, die anhand der Situation die Empfindlichkeitsschwelle der Muskelspindeln verändern. Die Muskelspindel gibt Auskunft über die Längenveränderung der Muskulatur und steuert auch den jeweiligen Tonus der Muskulatur. Bei körperlicher Aktivität wird der Muskeltonus erhöht und im Schlaf wird er gesenkt (Weineck, 2007, S. 809).

Die Muskelspindel arbeitet nach folgendem Schema: Wird ein Muskel gedehnt, dann werden auch die parallel laufenden Muskelspindeln gedehnt. Die Muskelspindeln setzen Nervenimpulse frei, welche über die sensiblen afferenten Bahnen zum Hinterhorn des Rückenmarks gesendet werden. Diese Signale werden über so genannte Reflexkollaterale und eine synaptische Umschaltstelle direkt den motorischen Vorderhornzellen zugeführt, die wiederum über efferente motorische Bahnen die jeweilige Muskulatur innervieren. Je rascher die Impulse folgen und je mehr Vorderhornzellen erregt werden, desto größer ist die muskuläre Kraft, die der Dehnung entgegen wirkt. Wird diese Gegenkraft aufgrund einer überstarken Dehnung überschritten, so kann es zu einem Muskelfaser- bzw. Muskelriss kommen.

Das gamma-motorische System steuert die Empfindlichkeit der Muskelspindel und kann durch verschiedene Einflussfaktoren eine Verminderung oder eine Zunahme erfahren (de Mareés, 2003, S. 69-71).

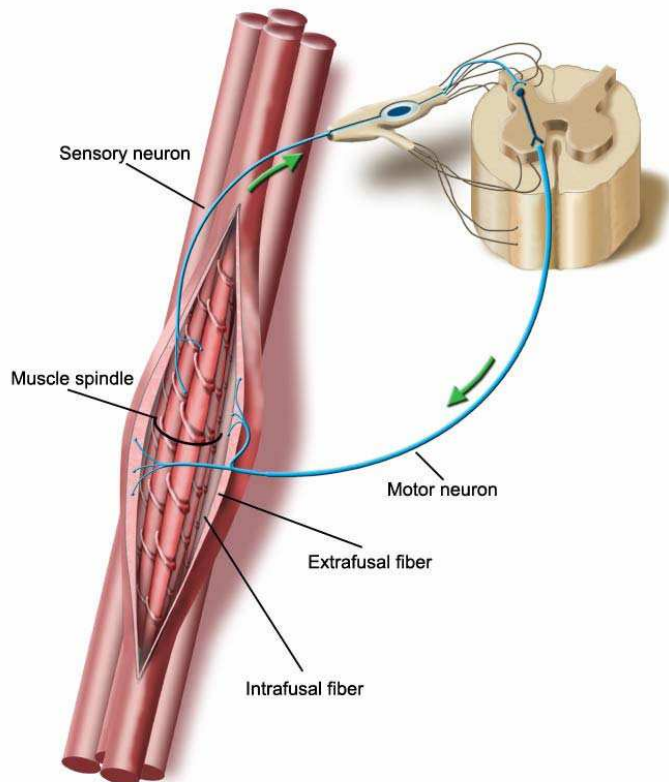


Abb. 10: Muskelspindel (Bachle und Earl, 2008, S. 13)

3.5.3 Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ)

Der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus macht sich die Speichereigenschaften der serienelastischen Elemente (z.B. Sehnen) und den Dehnungsreflex zu Nutze, um einen maximalen Anstieg der Muskelrekrutierung in einem minimalen Zeitraum zu erreichen. Der DVZ besteht aus drei Phasen. In der **exzentrischen Phase (Dehnung)** speichern die serienelastischen Elemente Energie und die Muskelspindeln werden aktiviert. Die **zweite Phase (Amortisation)** stellt den Übergang von der exzentrischen in die konzentrische Phase dar. Ist diese Phase zu lang, kann der Dehnreflex die Muskelaktivität nicht steigern und die gespeicherte Energie geht als Wärme verloren. In der **dritten Phase (Verkürzung)** kommt es zur eigentlichen Kontraktion der Muskulatur. Die Energie, die in der ersten Phase gespeichert wurde, wird hier freigegeben. Man kann zwischen einem langen (> 250 ms) und einem kurzen (< 250 ms) Dehnungsverkürzungszyklus unterscheiden (Bachle und Earl, 2008, S. 415-416).

4. Aufwärmen

Das Aufwärmen spielt eine wichtige Rolle für die Vorbereitung einer sportlichen Leistung. Ziel ist es, die Athletin und den Athleten physisch als auch psychisch auf die bevorstehende Belastung vorzubereiten (Hoffmann, 2002). Ein gut strukturiertes Aufwärmprogramm erhöht die Körperkern- und Muskeltemperatur und verbessert die Blutzirkulation (McArdle, 2007, S.589).

Die oben genannten Effekte haben folgenden positiven Einfluss auf die sportliche Leistung:

- schnellere Muskelkontraktion und Relaxation des Agonisten und des Antagonisten (Hoffmann, 2002)
- verbesserte Reaktionszeiten und Kraftentwicklung (Asmussen et al., 1976, S. 86-93)
- Verbesserung der Muskelkraft und Power (Bergh und Ekblom, 1979, S. 332-337)
- Verringerung des viskosen Widerstands in der Muskulatur (Enoka, 2001)
- verbesserter Sauerstofftransport (McArdle, 2007, S. 589)
- verbesserte Durchblutung der aktiven Muskulatur (McArdle, 2007, S. 589)
- verbesserte metabolische Reaktionen (Enoka, 2001)

Der Einfluss eines Aufwärmprogramms auf die Prävention von Verletzungen ist noch unklar (Fradkin et al., 2006, 214-220; Shrier, 2000, S. 324-325; Shrier, 1999, S. 221-227). Aufgrund der praxisbezogenen Erfahrungen kann dies aber angenommen werden, denn eine erhöhte Muskeltemperatur verringert z.B. das Risiko einer Muskelzerrung (Safran et al., 1988, S. 128).

4.1 Stretching während des Aufwärmens

Statisches Dehnen wird vor sportlichen Aktivitäten oft verwendet, um die sportliche Leistung zu verbessern und das Verletzungsrisiko zu senken. Neuste Studien stellen die Effekte des statischen Dehnens in Frage (Shrier, 2004, S. 1832; Shrier, 2004, S. 267-273; Young und Behm, 2002, S. 33-37). Es gibt nur sehr wenige bis gar keine Beweise dafür, dass statisches Dehnen vor und nach einer sportlichen Betätigung vor Verletzungen schützt (Herbert und Gabriel, 2002, S. 468-470; Pope et al., 2000, S. 271-277; Shrier, 2000, S. 324-325; Shrier,

1999, S. 221-227; Thacker et al., 2004, S. 371-378) bzw. einen Muskelkater verhindert (Johannson et al., 1999, 219-225). Allerdings verbessert statisches Dehnen die sportliche Leistung bei den Sportarten, die eine große Bewegungsamplitude erfordern z.B. Gymnastik (Thacker et al., 2004, S. 371-378).

Durch einigen Studien wurde festgestellt, dass statisches Dehnen die sportliche Leistung nicht verschlechtert (Little und Williams, 2006, S. 203-207; Unick et al., 2005, S. 206-212; Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677-683), wogegen andere Studien ergaben, dass es nach statischem Dehnen zu einer Verschlechterung der Kraftentwicklung (Behm, 2001, S. 261-272; Cramer et al., 2006, S.354-358; Cramer et al., 2004, S.236-241; Cramer et al., 2005, S. 530-539; Power et al., 2004, S. 1389-1396), Powerentwicklung (Wallmann et al., 2005, S. 684-688; Young und Behm, 2003, S. 21-27; Cornwell et al., 2002, S. 428-434), Sprintgeschwindigkeit (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888), Reaktions- und Bewegungszeit (Behm et al., 2004, S. 1397-1402) und der Kraftausdauer (Nelson et al., 2005, S. 338-343) kam. Weiters wurde festgestellt, dass es nach einer propriozeptiven neuromuskulären Faszilation (PNF) und nach ballistischem Dehnen es zu einer Verschlechterung der sportlichen Leistung kam (Church et al., 2001, S. 332-336; Nelson et al., 2001, S. 322-329). Dynamisches Dehnen hingegen hatte keinen negativen Einfluss auf die Leistung der Athletinnen und Athleten, es kam sogar zu einer Verbesserung der Sprintgeschwindigkeit. Aufgrund der genannten Ergebnisse ist statisches, ballistisches und PNF-Dehnen für ein Aufwärmprogramm in Frage zu stellen und dynamisches Dehnen zu bevorzugen. Ob allerdings statisches oder dynamisches Dehnen zu wählen ist, hängt immer von der jeweiligen Sportart ab. Beim Turmspringen oder bei der rhythmischen Sportgymnastik ist ein hohes Maß an Flexibilität notwendig, deswegen sollte hier vermehrt statisch gedehnt werden (Gremion, 2005, S. 1830-1834). Jene Sportarten bei denen ein Dehnungsverkürzungszyklus vorkommt, sollten wenig bis kein statisches Dehnen in ihr Aufwärmprogramm einbauen (Bachle und Earl, 2008, S. 296-297).

4.2 Unterschiedliche Komponenten des Aufwärmens

Ein komplettes Aufwärmprogramm beinhaltet folgende zwei Teilbereiche (McArdle et al., 2007, S. 588; Bachle und Earl, 2008, S. 297):

- Allgemeines Aufwärmen

Allgemeines Aufwärmen beinhaltet leichte aerobe Aktivitäten, wie Joggen oder Radfahren, die für ca. 5 bis 10 Minuten durchgeführt werden (Cornelius, 1985, S. 62-64; Prentice, 1983, S. 56-59).

Ziele sind (deVries, 1995):

- o Erhöhung der Herzfrequenz
- o verbesserte Durchblutung
- o Erhöhung der Muskeltemperatur
- o Erhöhung der Kerntemperatur
- o Verringerung des viskosen Widerstands
- o vermehrte Schweißbildung
- o vermehrte Atmung

- Spezifisches Aufwärmen

Beim spezifischen Aufwärmen sind vor allem Übungen zu finden, welche die Sportlerin und den Sportler auf die jeweilige Sportart vorbereiten sollen. Es kommen dynamische vollamplitudige Übungen zum Einsatz, die ca. 8 bis 12 Minuten durchgeführt werden z.B. Kniehebelauf, Anfersen usw. Nach diesen Übungen werden sportartspezifische Übungen, wie Sprints oder Sprünge durchgeführt (Bachle und Earl, 2008, S. 297). Je mehr Kraft und Schnellkraft bzw. Explosivkraft eine Sportart benötigt, desto wichtiger wird das Aufwärmen (NSCA, 1984). In der Phase des Aufwärmens ist es von großer Bedeutung die eigentliche Wettkampfübung oftmals zu wiederholen, um die Sportlerin und den Sportler optimal für den Wettkampf vorzubereiten (Young und Behm, 2002, 33-37).

Das Aufwärmen sollte allmählich in seiner Intensität ansteigen. Die Intensität sollte so gewählt werden, dass es zu einer ausreichenden Muskel- und Kerntemperaturerhöhung kommt. Eine Ermüdung sollte aber unbedingt vermieden werden (McArdle et al., 2007, S. 588-589).

5. Flexibilität

Jene Bewegungsamplitude, die ein Gelenk zulässt, wird als „range of motion“ (ROM) bezeichnet. (Gottlob, 2007, S. 89) Der ROM eines Gelenkes ist von folgenden Faktoren abhängig: Bindegewebe, Alter, Geschlecht und der sportlichen Aktivität. Je nach anatomischem Aufbau hat jedes Gelenk einen unterschiedlichen ROM (Bachle und Earl, 2008, S. 297).

Die Flexibilität gibt Auskunft über den Grad des „range of motion“ und hat eine dynamische und eine statische Komponente.

Die passive Flexibilität beschreibt jenen maximalen Bewegungsradius eines Gelenkes, der mittels einer passiven Bewegung erreicht wird. Sie benötigt keine freiwillige Muskelkontraktion. Eine Maschine, die Schwerkraft bzw. ein Partner oder Partnerin bringt die Kraft für die Dehnung auf (Cornelius und Hinson, 1980, S.75-80; deVries, 1995; Fox, 1979; Getchell, 1979).

Bei der dynamischen Flexibilität kommt es zu einer freiwilligen Anspannung der Muskulatur. Das Gelenk und die umgebenden Muskulatur werden aktiv über die größtmögliche Bewegungsamplitude bewegt (Bachle und Earl, 2008, S. 297).

5.1 Flexibilität und sportliche Leistung

Jede Sportart hat spezifische Anforderungen an die Beweglichkeit der Athletin und des Athleten und es ist anzunehmen, dass es für jede Sportart einen optimalen Beweglichkeitsbereich gibt (Gleim et al., 1997, S. 289-299; Thacker et al., 2004, 371-378). Wenn die Sportlerin und der Sportler nicht in diesem optimalen Beweglichkeitsbereich liegen, ist es möglich, dass sie verletzungsanfällig sind. Außerdem ist zu beachten, dass jeweils ein verkürzter, aber auch ein hyperflexibler Muskel zu Verletzungen führen können (Riewald, 2004, 58-59; Thacker et al., 2004, 371-378).

5.2 Faktoren die Flexibilität beeinflussen

Eine Vielzahl von anatomischen und trainingsbezogenen Faktoren beeinflussen die Flexibilität. Es können z.B. die Gelenksstruktur, das Alter und das Geschlecht nicht durch das Training verändert werden. Jene Effekte, die dem Training zugeschrieben werden, wie z.B.

Aktivitätslevel, Dehnungsübungen und Krafttraining, können die Flexibilität verändern (Bachle und Earl, 2008, S. 298).

5.2.1 Gelenksstruktur

Die Struktur des Gelenkes definiert seine Beweglichkeit, so hat ein Kugelgelenk einen anderen „range of motion“ als ein Scharniergelenk (Marshall et al., 1980, S. 189-194).

Jedes Gelenk hat somit einen genau definierten Bewegungsradius, der vor allem durch die Form des Gelenkes, die Gelenksoberfläche und die Weichteile, die das Gelenk umgeben, beeinflusst wird (Anthony und Kolthoff, 1975).

5.2.2 Alter und Geschlecht

Junge Menschen tendieren dazu flexibler zu sein als ältere Menschen (Wilmore et al., 1978, S. 79-84). Frauen erreichen eine höhere Flexibilität als Männer (Getchell, 1979). Der Grund dafür liegt in den strukturellen und anatomischen Differenzen der beiden Geschlechter. Bei älteren Menschen kommt der Effekt der Fibrose zum Tragen. Fibroses Bindegewebe ersetzt allmählich die degenerativen Muskelfasern aufgrund von Immobilisation. Jedoch lässt sich dieses Phänomen auch im Alter noch rückgängig machen (Anthony und Kolthoff, 1975).

5.2.3 Bindegewebe

Sehnen, Bänder, Gelenkscapseln, Faszienhüllen und die Haut beeinträchtigen den „range of motion“ (deVries, 1995). Elastizität (ist die Fähigkeit nach einem passiven Dehnungsreiz wieder in die originale Länge zurück zu kehren) und Plastizität (nach einem passiven Dehnungsreiz wird eine neue und größere Längenänderung erfahren) sind zwei Begriffe um den ROM des Bindegewebes zu beschreiben (Winters et al., 2004, S. 800-807).

Durch Dehnungsübungen kann das Bindegewebe positiv beeinflusst werden und zwar durch die Möglichkeit es plastisch zu verformen (Bachle und Earl, 2008, S. 298).

5.2.4 Krafttraining mit limitierendem ROM

Ein „full range of motion“ Krafttraining vergrößert die Flexibilität, dagegen verringert ein schweres Krafttraining mit eingeschränktem ROM die Beweglichkeit. Die Sportlerin und der Sportler sollten also darauf achten, den Agonisten und den Antagonisten gleichmäßig

aufzubauen und den Muskel immer über den ganzen Bewegungsradius zu trainieren (deVries, 1995).

5.2.5 Muskelmasse

Eine große Muskelmasse beeinflusst den ROM in den Gelenken. Eine Sportlerin und ein Sportler mit einem großen Bizeps und Deltoideus werden Schwierigkeiten haben den Trizeps zu dehnen (deVries, 1995).

5.2.6 Aktivitätslevel

Eine trainierte Person neigt dazu flexibler zu sein als eine Inaktive, vorausgesetzt die aktive Person baut Flexibilitätsübungen, ROM-Kraftübungen und funktionale Übungen in das Training ein (Getchell, 1979). Männer und Frauen haben sehr gute Ergebnisse in der Verbesserung ihrer Flexibilität durch ein strukturiertes „range of motion“ Krafttraining erzielt. Außerdem ist es wichtig zu beachten, dass es bei einer trainierten Person nicht automatisch zu einer Verbesserung der Beweglichkeit kommt, denn es muss schon regelmäßig gedehnt werden um die Flexibilität zu verbessern oder zu erhalten (Weiss et al., 1983, S. 413-419).

6. Stretching

Als Dehnen wird die Bewegung eines Körpersegmentes bis zu einem Widerstand in der Bewegungsamplitude bezeichnet. Um diesen Widerstand zu erreichen ist Kraft von Nöten. Die Stretchingbewegung kann entweder aktiv oder passiv durchgeführt werden (Bachle und Earl, 2008, S. 299).

6.1 Aktive Dehnungsmethode

Bei der aktiven Dehnungsmethode kommt es zu einer freiwilligen Anspannung der Muskulatur. Das Gelenk und die umgebenden Muskulatur werden aktiv über die größtmögliche Bewegungsamplitude bewegt (Bachle und Earl, 2008, S. 297).

Diese Methode beinhaltet verschiedenste gymnastische Elemente, durch Wippen und Schwingen wird die Bewegungsamplitude erweitert.

Die aktive Dehnungsmethode lässt sich in folgende Subkategorien unterteilen:

1. aktiv-dynamische Dehnungsübungen (z.B. ballistisches Dehnen)

Die Dehnung wird durch ein wiederholtes Wippen und Federn durchgeführt.

2. aktiv-statische Dehnungsübungen

Der Antagonist wird in der finalen Dehnstellung isometrisch angespannt → Halten der Endstellung. Der Fixierung in der Endstellung können 3-4 wippende Bewegungen vorausgehen → „*Ballistic and Hold*“.

Die aktiv-dynamische Dehnungsvariante ist die effektivere der beiden Varianten, da der gesetzte Dehnreiz durch die Schwingkräfte größer ist als beim aktiv-statischen Dehnen (Weineck, 2007, S. 749).

6.2 Passive Dehnungsmethode

Bachle und Earl 2008 beschreiben sie als die größtmögliche Bewegungsamplitude eines Gelenkes und der umgebenden Muskulatur während einer passiven Bewegung. Bei der statischen Flexibilität wird der Muskel nicht willkürlich angespannt sondern wird durch eine Maschine oder einen Partner passiv gedehnt. *Weineck 2007* beschreibt sie als jene Dehnungsübungen bei denen äußere Kräfte eine Rolle spielen wie z.B. Partnerhilfe. Hierbei kommt es zu einer verstärkten Dehnung bestimmter Muskelgruppen.

Die passive Dehnungsmethode lässt sich in folgende Subkategorien unterteilen:

1. passiv-dynamische Dehnungsübungen

Bei dieser Variante kommt es zu einem rhythmischen Wechsel von Erweiterung und Verringerung der Bewegungsamplitude.

2. passiv-statische Dehnungsübungen

Die maximale Dehnungshaltung wird für ca. 5-6 Sekunden gehalten.

Weineck 2007 beschreibt, dass es durch ein Dehnungstraining mit ausreichender Intensität und Dauer zu einer erhöhten Beweglichkeit aufgrund eines komplexen Zusammenspiels unterschiedlicher Anpassungsmechanismen kommt.

- Anstieg der Dehnungstoleranz
- Hemmung muskulärer Reflexaktivitäten
- Strukturelle Veränderungen

Der Nachteil einer rein passiven Flexibilitätsschulung liegt darin begründet, dass sie im Gegensatz zur aktiven Methode nicht zu einer parallelen Kräftigung der Agonisten führt und somit nur als ergänzende Methode in Frage kommt. (Weineck, 2007, S. 750)

6.3 Propriozeptoren und Stretching

Es gibt zwei wesentliche Propriozeptoren, die während einer Dehnung zum Tragen kommen: die Muskelspindel und das Golgi-Sehnenorgan (GTOs).

Muskelspindeln sind intrafasziale Muskelfasern, die parallel zwischen den extrafasziellen Muskelfasern verlaufen und die Längenänderung der Muskulatur kontrollieren (Fox, 1979). Während eines schnellen Dehnvorganges wird über ein sensorisches Neuron aus der Muskelspindel ein Neuron im Rückenmark innerviert. Durch das aktivierte Motoneuron kommt es zu einer Muskelbewegung der gedehnten extrafasziellen Muskelfasern. Dieses Phänomen wird auch als Dehnungsreflex verstanden. Dieser Dehnungsreflex sollte bei einem Stretchingprogramm vermieden werden, da sich der Muskel kontrahiert und es zu einer Limitierung des Bewegungsbereiches kommt. Wird der Dehnungsreflex nicht aktiviert, kann der Muskel relaxieren und erfährt eine bessere Dehnung. Ein ballistisches und ein dynamisches Dehnen stimulieren die Muskelspindel und aktivieren den Dehnungsreflex (Bachle und Earl, 2008, S. 299).

Das Golgi-Sehnenorgan ist ein Mechanorezeptor, der sich im Sehnen-Muskelübergang befindet und sensibel auf die Muskelspannung reagiert. Wird das Golgi-Sehnenorgan stimuliert, kommt es reflexartig zu einer Entspannung der gedehnten Muskulatur, was auch als **autogene Hemmung** bezeichnet wird (Condon und Hutton, 1987, 24-30; Cornelius und Hinson, 1980, S.75-80; Moor und Hutton, 1980, S.322-329). Kommt es zu einer Entspannung des antagonistischen Muskels, wird dies als **reziproke Hemmung** bezeichnet (Condon und Hutton, 1987, 24-30; Moor und Hutton, 1980, S.322-329). Durch den angespannten Agonisten kommt es zu einer Dehnung des Antagonisten, das Golgi-Sehnenorgan wird aktiv und der Muskel entspannt sich (Bachle und Earl, 2008, S. 299).

7. Unterschiedliche Stretchingmethoden

7.1 Stretching (statisches Dehnen)

to stretch = engl. dehnen

Bei dieser Methode wird darauf geachtet, dass nach ca. 5 Sekunden die Dehnposition eingenommen und dann für ca. 30-60 Sekunden gehalten wird (Bandy und Irion, 1994, S. 850-852; Bandy und Irion, 1997, S. 1090-1096). Weiters wird die zu dehnende Muskulatur relaxiert und gleichmäßig in die Länge gezogen (Fleck und Kraemer, 2004). Durch die langsame Ausführung des statischen Dehnens kommt der Dehnungsreflex nicht zum Tragen (Corbin et al., 1978). Außerdem ist die Verletzungsgefahr bei dieser Art von Dehnung geringer als beim ballistischen Stretching (Anthony und Kolthoff, 1975; NSCA, 1984, Todd, 1985, 37-41). Es wird versucht den inversen Dehnungsreflex des Golgi-Sehnenorgans (befindet sich am Muskel-Sehnen-Übergang) auszunutzen (Weineck, 2007, S. 751).

Statisches Dehnen ist leicht zu erlernen und ist gut geeignet um den „range of motion“ zu verbessern (Brodowicz et al. 1996, 324-327). Je intensiver die Dehnung ausfällt, desto größer ist die Gefahr, dass der Muskel oder das Bindegewebe verletzt werden. Wenn aber eine saubere und gute Dehntechnik angewendet wird, ergibt diese Methode keine Nachteile. Statisches Dehnen ist für alle Sportlerinnen und Sportler geeignet, um ihre Flexibilität zu erhöhen (Bachle und Earl, 2008, S. 300).

Es haben sich folgende Stretchingmethoden durchgesetzt:

7.1.1 Passives Ausziehen oder „zähes Dehnen“

Bei dieser Dehnmethode wird die zu dehnende Muskulatur in der jeweiligen Position gehalten. Man unterscheidet „*easy stretch*“ und „*intensive stretch (development stretch)*“. Die Dehnungsdauer beträgt bei beiden Varianten 10-30 Sekunden. Beim „easy“ Stretching wird eine Dehnposition gehalten bis die Spannung abnimmt. Im Gegensatz dazu steht das intensive Stretching, bei dem versucht wird nach einer Spannungsabnahme noch weiter in die Dehnung hineinzuarbeiten und diese dann weitere 10-30 Sekunden zu halten.

Das Auftreten von Schmerzen sollte vermieden werden, da sich die Muskelspannung reflektorisch stark erhöht, was die Dehnarbeit behindert (Weineck, 2007, S. 751).

7.1.2 Propriozeptives Neuromuskuläres Faszilations (Förderungs) - Dehnen (PNF)

Das PNF-Stretching wurde eigentlich als ein Teil der neuromuskulären Rehabilitation entwickelt um die Muskeln zu entspannen, die einen erhöhten Muskeltonus aufweisen (Voss et al., 1985). Heutzutage ist das PNF-Stretching eine beliebte Methode um die Flexibilität der Gelenke zu erhöhen. Diese Methode des Dehnens wird häufig mit einer Partnerin oder einem Partner durchgeführt, der jeweils den aktiven bzw. den passiven (konzentrischen und isometrischen) Teil übernimmt. Jedoch ist diese Art von Dehnen oft aus dem einfachen Grund nicht durchführbar, weil eine geschulte Partnerin oder ein Partner fehlen. Bei einem PNF-Stretching werden drei unterschiedliche Muskularbeiten herangezogen um das passive Stretching zu erleichtern (Cornelius, 1985, S. 62-64; Etnyre und Abraham, 1986, S. 189-196; Holt et al., 1970, S. 611-616; Nelson und Bandy, 2004, 254-258; Sady et al., 1992, 261-263; Tanigawa, 1972, S. 725-735). Vor jeder passiven Dehnung kommt es in der antagonistischen Muskulatur (zu dehnenden Muskeln) zu einer isometrischen und konzentrischen Muskularbeit, die wiederum eine autogene Hemmung im Antagonisten hervorruft. Die isometrische Muskularbeit wird als „hold“ (halten) und die konzentrische als „contract“ (anspannen) bezeichnet. Bei der konzentrischen Muskularbeit wird der Agonist angespannt, während der Antagonist gedehnt wird, somit kommt es zu einer „reziproken Hemmung“ und der Muskel kann sich besser entspannen. Das statische Dehnen wird auch als „relax“ (entspannen) bezeichnet (Bachle und Earl, 2008, S. 301).

Es gibt drei unterschiedliche PNF-Stretching Techniken:

- **Hold-Relax** (Cherry, 1980, S.877-881; Condon und Hutton, 1987, 24-30; Cornelius, 1985, S. 62-64; Sady et al., 1992, 261-263; Tanigawa, 1972, S. 725-735).
- **Contract-Relax** (Cherry, 1980, S.877-881; Cornelius, 1985, S. 62-64)
- **Hold-Relax mit Agonisten Anspannung** (Condon und Hutton, 1987, 24-30; Moor und Hutton, 1980, S.322-329)

Jede Dehnungsvariante beginnt mit einem statischen Stretching für 10 Sekunden. Je nach Methode kommen dann unterschiedliche Kontraktionen dazu, welche den Methoden auch die Namen geben (Bachle und Earl, 2008, S. 301).

7.1.3 Hold-Relax Dehnung unter Ausnutzung der Eigenhemmung

Die Hold-Relax Technik beginnt mit einem passiven Stretch, der für 10 Sekunden unter leichtem Unwohlsein durchgeführt wird. Die Partnerin oder der Partner machen dann, wenn

z.B. der Beinbizeps gedehnt werden soll, eine Hüftbeugung mit dem gestreckten Bein der Athletin oder des Athleten. Bei dieser Dehnmethode wird der Muskel vor der Dehnung maximal angespannt. Es wird die hemmende Wirkung des Golgi-Sehnenorgans auf den Dehnungsreflex ausgenutzt. Nun werden die Sportlerin oder der Sportler aufgefordert mit dem gestreckten Bein gegen die Hand der Partnerin oder des Partners zu drücken. Der Muskel wird nun für 1 bis 6 Sekunden isometrisch angespannt, dann wird der Muskel für ca. 2 bis 3 Sekunden komplett entspannt und für 30 Sekunden wird ein passives Stretching durchgeführt. Zu beachten ist, dass der Effekt einer willkürlichen Muskelanspannung zeitlich begrenzt und bereits nach 5 Sekunden völlig verschwunden ist. Es muss erwähnt werden, dass auch ein längeres Anspannen über eine Sekunde hinaus keinen verbesserten Effekt bringt (Weineck, 2007, S. 752). Durch die autogene Hemmung sollte bei der letzten Dehnung eine größere Amplitude erreicht werden als bei der ersten Dehnung (Bachle und Earl, 2008, S. 303).

Je stärker die isometrische Kontraktion des zu dehnenden Muskels war, desto größer ist die folgende Entspannung, die Dehnung wird dadurch effektiver. (Weineck, 2007, S. 753)

7.1.4. Contract-Relax

Die Contract-Relax Technik beginnt wieder mit einem passiven Stretch, der für 10 Sekunden unter leichtem Unwohlsein durchgeführt wird. Die Sportlerin und der Sportler strecken nun die Hüfte gegen den Widerstand der Partnerin oder des Partners, so dass eine konzentrische Muskularbeit durch den ganzen Bewegungsradius des Gelenks ausgeübt wird. Im Anschluss wird der Muskel entspannt und für 30 Sekunden wird ein passives Stretching durchgeführt. Die vergrößerte ROM wird durch die autogene Inhibition erreicht (durch die Aktivierung des Beinbizepses) (Bachle und Earl, 2008, S. 303).

7.1.5 Hold-Relax mit Agonisten Anspannung

Die Hold-Relax mit Agonisten Anspannungstechnik ist in den ersten zwei Phasen mit den beiden anderen Techniken identisch. Während der dritten Phase kommt noch eine Agonisten Anspannung dazu, während der Antagonist passiv gedehnt wird. Mit dieser Technik sollte wieder eine größere Bewegungsamplitude im abschließenden Dehnen erreicht werden. Vor allem die „reziproke Hemmung“ (Aktivierung der Hüftbeuger) spielt hier eine wichtige Rolle, wogegen die autogene Inhibition (Aktivierung des Beinbizepses) bei dieser Methode nur zweitrangig ist (McAtee und Charland, 2007; Moor und Hutton, 1980, S.322-329). Diese

Dehnmethode ist die effektivste von den drei genannten Möglichkeiten (Bachle und Earl, 2008, S. 303).

7.1.6 Anspannen – Entspannen – Dehnung unter Ausnutzung der reziproken Hemmung

Bei dieser Methode wird die „reziproke Hemmung“ ausgenutzt. Wenn man einen Muskel anspannt, kommt es reflexartig zu einer Entspannung des Antagonisten. Je stärker der Muskel angespannt wird, desto stärker ist die Entspannung des Antagonisten. Der Antagonist der zu dehnenden Muskulatur wird maximal kontrahiert, wodurch es zu einer „reziproken Hemmung“ des Agonisten kommt und er sich entspannt. Nach der Kontraktion des Antagonisten wird die Dehnposition eingenommen (Weineck, 2007, S. 753).

7.1.7 Dehnen des Agonisten bei gleichzeitiger Kontraktion des Antagonisten

Funktioniert wie die oben beschriebene Dehnung, nur dass die Kontraktion des Antagonisten über die ganze Dehnung gehalten wird.

Bei der Kombination von Hold-Relax und Dehnung, bei gleichzeitiger Kontraktion des Antagonisten werden die Vorteile zweier Dehnungsmethoden ausgenutzt (Weineck, 2007, S. 753).

7.1.8 Ballistisches Dehnen

Beim ballistischen Dehnen wird durch aktive Muskularbeit ein Wippen in der zu dehnenden Muskulatur erzeugt und im Gegensatz zum statischen Dehnen nicht gehalten (McFarland, 1984, S. 24-28). Ballistisches Dehnen wird häufig vor dem eigentlichen Aufwärmen eingebaut. Durch diese Art von Dehnen kann es leicht zu Verletzungen in der Muskulatur und im Bindegewebe kommen (Corbin et al. 1987). Bei dieser Methode wird bewusst der Dehnungsreflex innerviert um den Muskel zu aktivieren (Bachle und Earl, 2008, S. 300).

7.1.9 Dynamisches Dehnen

Das dynamische Dehnen ist ein funktionelles mit sportartspezifischen Elementen durchgeführtes Aufwärmen, das dazu dient, den Körper optimal für die sportliche Belastung vorzubereiten (Mann und Jones, 1999, S. 53-55). Es wird auch häufig als Mobilitätstraining bezeichnet (Arthur und Bailey, 1998). Bei dieser Methode wird gezielt auf die eigentlichen

Anforderungen der jeweiligen Sportart eingegangen (Hedrick, 2000, S. 33-38). Ein Kniehebelauf simuliert z.B. den Kniehub beim Sprint. Beim dynamischen Dehnen wird das Gelenk aktiv durch den „full range of motion“ bewegt, der für die jeweilige Sportart von Bedeutung ist.

Dynamisches und ballistisches Dehnen erscheinen sehr ähnlich. Der Unterschied liegt aber darin, dass die negativen Effekte, die mit ballistischem Dehnen verbunden sind, wegfallen.

Dynamisches Dehnen wird kontrollierter durchgeführt und es wird auf eine wippende Bewegung verzichtet. Die Möglichkeit, ein Gelenk durch eine kontrollierte Bewegungsamplitude zu bewegen, ist weitaus sportartspezifisch, als ein statisch gehaltenes Dehnen. Vorteile des dynamischen Dehnens sind, dass durch diese Methode die dynamische Flexibilität begünstigt wird, sportartspezifische Bewegungen und ROM reproduziert werden (Hedrick, 2004; Earle und Baechle, 2004). Weiters wird die Muskulatur auf optimale Betriebstemperatur gebracht. Im Gegensatz dazu kann es beim statischen Dehnen zu einer Reduzierung der Muskeltemperatur kommen. Außerdem wird beim Dehnungsvorgang eine Vielzahl von Gelenken angesprochen. Beim dynamischen Dehnen kommt es zu keiner Muskelrelaxation, anders als beim statischen Dehnen wird der Muskel optimal für eine sportliche Belastung vorbereitet. Um die Flexibilität zu verbessern ist wiederum ein statisches- oder ein PNF- Stretching besser geeignet (Bandy et al. 1998, S. 259-300).

Dynamisches Dehnen wird bevorzugt als Aufwärmprozedere eingesetzt. Bevor aber dynamisches Dehnen durchgeführt wird, ist es wichtig darauf zu achten welche Bewegungen und welcher ROM in einer Sportart überhaupt vorkommen. Es werden Übungen gesucht, welche die Bewegungen so gut wie möglich simulieren. Die Sportlerin und der Sportler können die Übungen entweder über eine vorgegebene Länge (z.B. 15 m) oder mittels vorgegebenen Wiederholungen (10 WH) durchführen. Jede Übung sollte am Anfang langsam durchgeführt werden, außerdem wird der „range of motion“ kontinuierlich erhöht. Es kann z.B. der Kniehebelauf über 15 m gehend begonnen und kontinuierlich gesteigert werden. Durch die Steigerung werden Geschwindigkeit und ROM erhöht. Ein effektives dynamisches Dehnen kann innerhalb von 10 bis 15 Minuten durchgeführt werden (Mann und Jones, 1999, S. 53-55). Weiters ist beim dynamischen Dehnen darauf zu achten, dass die sportartspezifisch richtige Technik bei den Übungen verwendet wird. Es sollte beim Kniehebelauf z.B. darauf geachtet werden, dass der Fuß beim Anheben der Knie eine Dorsalflexion durchführt so wie beim Sprint (Baechle und Earle, 2008, S. 300).

7.2 Frequenz, Intensität und Dauer eines Dehnungsprogramms

Bei jeder Form des Trainings ist es wichtig, Angaben über die Dauer, Intensität und Frequenz der jeweiligen Trainingsmethode zu machen, so kommen diesen Parametern auch beim Dehnungsprogramm große Bedeutung zu (Davis et al., 2005, S. 27-32). Statisches und PNF-Dehnen führen jeweils zu einer Verbesserung der Gelenksflexibilität in Knie, Hüfte, Rumpf, Schulter und Knöchel (Thacker et al., 2004, S. 371-378). Der genaue Vorgang der verbesserten Flexibilität ist jedoch noch unklar. Die Effekte des Dehnens sind sehr kurzlebig und sind gleich nach der Stretchingeinheit am höchsten (Depino et al., 2000, S. 56-59; de Weijer et al., 2003, 727-733). Wird ein Dehnungsprogramm zwei Mal pro Woche für ein Minimum von fünf Wochen durchgeführt, gibt es eine signifikante Verbesserung der Flexibilität (Fox, 1979). Die Dauer für den Dehnungsreiz liegt zwischen 15 und 30 Sekunden. Diese Zeitspanne ist effektiver als kürzere (Riewald, 2004, S. 58-59).

Wenn die Sportlerin und der Sportler statisch dehnen, sollte darauf geachtet werden, dass ein leichtes Unwohlsein und kein Schmerz in der jeweiligen Muskulatur zu spüren ist. Vor jedem Dehnen sollte ein allgemeines Dehnen vollzogen werden um die Muskeltemperatur zu erhöhen. Weiters sollte beim Stretching auf Schmerzen und auf Gefühllosigkeit der gedehnten Körperregionen geachtet werden, da neuronale- und Gefäßstrukturen gedehnt werden (Bachle und Earl, 2008, S. 298-299).

7.3 Wann sollten die Sportlerin bzw. der Sportler dehnen?

Stretching sollte nach folgenden Situationen durchgeführt werden:

- nach einem Training oder einem Wettkampf

Wird nach einer sportlichen Belastung im Anschluss gedehnt, kommt es zu einem verbesserten „range of motion“, da die Muskeltemperatur erhöht ist (NSCA, 1984; Funk et al., 2003, S. 489-492). Ein Poststretching sollte ca. 5 bis 10 Minuten nach dem Sport durchgeführt werden. Die erhöhte Körpertemperatur verbessert die elastischen Eigenschaften der Collagenfasern in den Muskeln und Sehnen, was wiederum zu einer erweiterten Dehnreichweite führt. Außerdem soll es durch ein Poststretching zu einer Verringerung von Muskelkaterbildung kommen (Prentice, 1983, S. 56-59). Dieser Effekt ist aber noch ungewiss (Lund, 1998, S. 216-221; Anderson, 2005, S. 218-220).

-
- als separate Trainingseinheit

Wird eine erhöhte Flexibilität in der jeweiligen Sportart verlangt, so müssen eigene Stretchingseinheiten in den Mikrozyklus eingebaut werden. Vor jeder Dehnungseinheit sollte ein leichtes Aufwärmen stattfinden um die Muskeltemperatur zu erhöhen. Diese Art von Dehnen ist vor allem als regenerative Maßnahme am Tag nach einem Wettkampf hervorragend geeignet (Bachle und Earl, 2008, S. 299).

7.4 Wirkung des Stretchings

Es kommt nach einer lang anhaltenden Dehnung zu einer ausgeprägten und dauerhaften Verbesserung der Beweglichkeit. Diese Verbesserung ist auf intermolekulare, der plastischen Muskelkomponenten zurück zu führen (Weineck, 2007, S. 754).

Das Stretching wirkt vor allem auf die Bindegewebsstrukturen der Muskulatur. Kommt es zu einer Dehnung, ist die Spannung am Anfang sehr hoch und wird mit der Zeit weniger. Dehnt man nun für einen längeren Zeitraum, passen sich auch die Bindegewebsfasern an den jeweiligen Reiz an und ihre effektive Länge nimmt mit der Zeit zu. Der Begriff der „muskulären Verkürzung“ wird in diesem Zusammenhang häufig erwähnt und ist in diesem Kontext nicht korrekt, da vor allem die seriell-elastischen (Sehnen) und parallel-elastischen (Bindegewebe, Sarkolemm) bindegewebigen Strukturen zu Verkürzungen neigen. Eine echte Muskelverkürzung tritt erst nach wochenlanger Ruhigstellung (in einer verkürzten Position) der betroffenen Muskulatur auf (Albrecht et al., 1999, S. 23f.).

Ist die physiologische Beweglichkeitsgrenze der Muskulatur bei einer Dehnung erreicht, merkt man dies an der erhöhten Spannung, die in der Muskulatur beim Stretching spürbar ist. Es handelt sich dabei um die Reaktion der Mechanorezeptoren (Schmerzrezeptoren), die genau in diesem Moment die Beweglichkeitsgrenze in den Gelenken aufweisen. Bei einem Dehnungsprogramm ist es sehr wichtig an diese Grenze zu stoßen, um die Beweglichkeit effektiv zu verbessern. Werden diese Bewegungsbereiche nicht voll ausgeschöpft, kommt es zu einer verminderten Toleranz gegenüber dem Dehnreiz und zu einer eingeschränkten Flexibilität. Es entsteht eine eingeschränkte physiologische und auch strukturelle Beweglichkeitsgrenze (Albrecht et al., 1999, S. 23f.).

8. Relevante Studien zu diesem Thema

8.1 EFFECTS OF DYNAMIC AND STATIC STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY

PAUL A. HOUGH, EMMA Z. ROSS, AND GLYN HOWATSON

Beschreibung

Die Studie wurde an 11 gesunden männlichen Sportlern durchgeführt. Die Probanden wurden gebeten, jegliche anstrengende körperliche Aktivität für 24 Stunden vor der Teilnahme an diesen Tests zu unterlassen. Die Probanden vollzogen ein 5-Minuten-Aufwärmen auf dem Fahrrad. Die „nicht Stretching“ Gruppe machte ein Aufwärmen mit dem Fahrrad und im Anschluss nach 2 Minuten Pause 3 Vertical-Jumps.

Die statische Stretchinggruppe machte sofort nach dem Aufwärmen die statischen Dehnungsübungen wie von *Yamaguchi* und *Ishii 2005* empfohlen. Jede Dehnung wurde für 30 Sekunden gehalten, die Pause zwischen den Dehnungseinheiten wurde zwischen 10 bis 15 Sekunden festgelegt. Die Zeit für das statische Dehnen wurde auf 7 Minuten fixiert. Nach dem Dehnen hatten die Probanden eine 2 Minuten Pause, bis der Vertical-Jump durchgeführt wurde.

Für die dynamische Dehnungsgruppe galten die selben Anweisungen. Nach dem Aufwärmen wurde sofort dynamisch gedehnt. Jede Übung wurde 5-mal langsam und anschließend 10-mal so schnell wie möglich ohne zu wippen durchgeführt. Die Ruhezeit betrug 10 bis 15 Sekunden. Die Zeit für das dynamische Dehnen wurde wie beim statischen Dehnen auf 7 Minuten festgelegt. Nach dem Dehnen hatten die Probanden eine 2-Minuten-Pause, bis der Vertical-Jump durchgeführt wurde.

Der Teilnehmer stand in der Mitte der Matte, der Proband legte seine Hände auf die Hüften und die Füße mussten schulterbreit auseinander gestellt werden.

Die zu testende Person ging leicht in die Knie, bis sie das Gefühl hatte die richtige Position eingenommen zu haben, um am höchsten springen zu können. Der Teilnehmer blieb in dieser Position 2 Sekunden lang um sicherzustellen, dass es zu keiner exzentrischen Bewegung vor dem Sprung kam. Dieses Vorgehen sollte einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus verhindern. Nach den 2 Sekunden gab es ein mündliches Signal für den Absprung. Eine 20-Sekunden-

Erholungszeit wurde eingeplant, bis der nächste Sprung erfolgte. Der Mittelwert der 3 Sprünge wurde berechnet (Hough, 2009, S. 507-512).

Ergebnis

Die vorliegende Studie zeigte, dass die Vertikal-Jump-Performance nach statischem Dehnen deutlich reduziert war und zwar im Vergleich zum dynamischen und zum nicht Dehnen. Darüber hinaus gab es eine signifikante Verbesserung der VJ-Performance nach dem dynamischen Dehnen, im Vergleich zum statischen Dehnen.

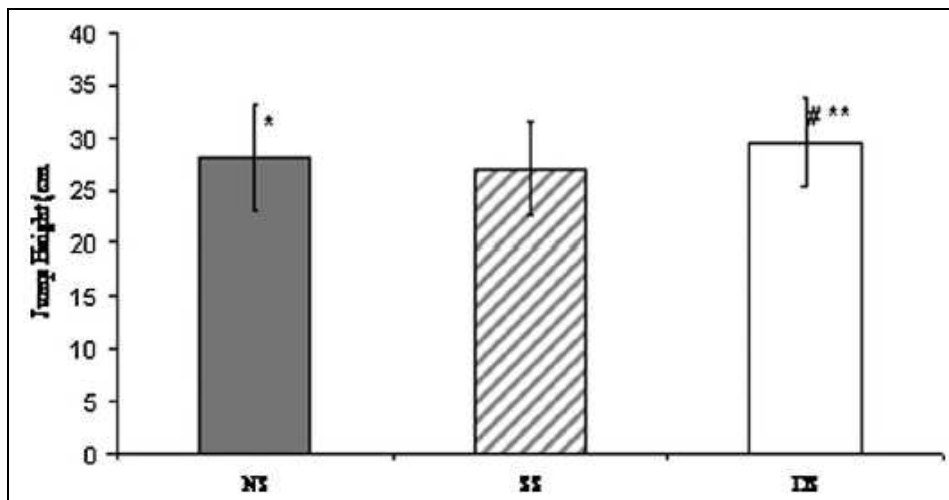


Abb. 11: Unterschiedliche Sprunghöhe bei unterschiedlichen Dehnprogrammen. *Significant difference between NS and SS ($p < 0.05$), #significant difference between NS and DS ($p < 0.05$); **significant difference between SS and DS ($p < 0.001$). NS = no stretching; SS = static stretching; DS = dynamic stretching. (vgl. Hough et al., 2009, S. 509)

Die Ergebnisse der EMG-Analyse zeigten, dass es nach statischem Dehnen zu keiner erheblichen Verringerung der EMG-Aktivität kam. Allerdings gab es einen deutlichen Anstieg der EMG-Aktivität nach dynamischem Dehnen im Vergleich zum statischen Dehnen, was auf eine erhöhte neuromuskuläre Reaktion nach dem dynamischen Dehnen schließen lässt (vgl. Abb 33.).

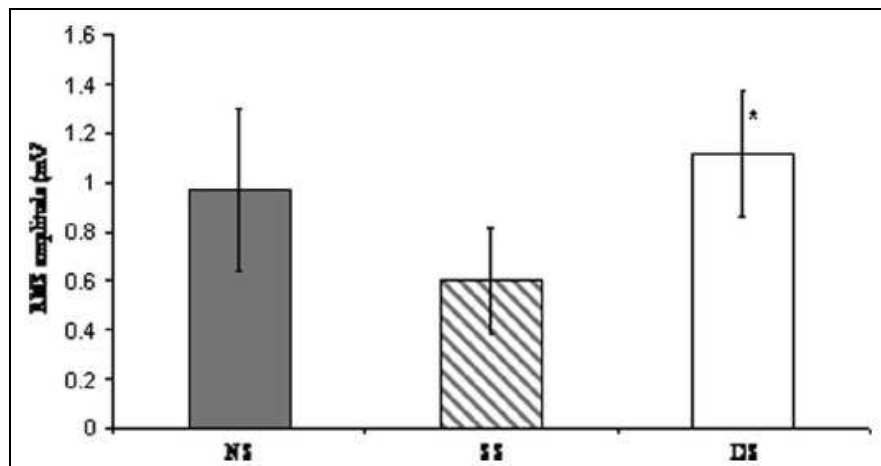


Abb. 12: Unterschiedliche EMG-Aktivitäten bei unterschiedlichen Dehnprogrammen.

*Significant difference between SS and DS ($p < 0.05$). NS = no stretching; SS = static stretching; DS = dynamic stretching. (vgl. Hough et al., 2009, S. 510)

Im Gegensatz dazu gibt es eine aktuelle Studie von *Wallmann et al. 2005*, die keinen signifikanten Unterschied in der Vertical-Jump-Höhe nach dem dynamischen Dehnen feststellen konnte. Allerdings unterscheidet sich die vorliegende Studie von anderen Studien dadurch, dass das dynamische Dehnen mit dem statischen Dehnen kombiniert wurde und dadurch der positive Effekt des dynamischen Dehnens zunichte gemacht wurde.

Fowles et al. 2000 analysierten eine Reihe von Faktoren, die dazu führten, dass es zu einer Abnahme der muskulären Aktivierung kam z.B. Golgi-Sehnen-Reflex, Mechanorezeptor (Typ III afferenten) und Nozizeptoren (Schmerzrezeptoren), (Typ IV afferenten).

Mehrere Autoren wiesen darauf hin, dass es durch statisches Dehnen zu einer Spannungsreduktion der Muskel-Sehnen-Einheit (MTU) kam, dies kann wiederum für eine verschlechterte Muskelkraft verantwortlich sein (*Kokkonen et al., 1998, S. 411-415*; *Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481-490*).

Wilson et al. 1994 vermutete, dass es durch eine erhöhte Spannung der MTU zu einer Verbesserung der Muskelkraft kam. Bei der vorliegenden Studie wurden 5 x 30 Sekunden statisches Dehnen pro Bein verwendet, das wiederum zu einer Spannungsreduktion der MTU führte (*Wilson et al., 1994, S. 2714-2719*).

Von *Bishop 2003* wurde gezeigt, dass schon eine kurze Zeit an dynamischer Tätigkeit ausreichte, um akute Veränderungen des neuromuskulären Systems hervorzurufen (*Bishop, 2003, S. 439-454*). Während eines dynamischen Dehnens wurden die Teilnehmer gebeten, 5 langsame maximale Kontraktionen und 5 rasche maximale Kontraktionen bei jeder Übung durchzuführen. Diese Untersuchungen zeigten auf, dass es nach 20 maximalen muskulären

Kontraktionen zu einer erhöhten neuromuskulären Aktivierung kam (Hicks et al., 1989, S. 2606-2610).

Eine kürzlich veröffentlichte Studie fand keine signifikanten Unterschiede in der Muskelkraft der oberen Extremitäten nach NS (nicht Dehnen), SS (statischem Dehnen) und DS (dynamischem Dehnen) heraus (Torres et al., 2008, S. 1279–1285). Die Autoren wiesen darauf hin, dass die 5-Minuten-Ruhezeit zwischen dem Dehnen und den Übungen durch statisches Dehnen induzierte Veränderungen zunichte machte. Diese Feststellung lässt darauf schließen, dass die Zeit zwischen dem Dehnen und der sportlichen Leistung eine wichtige Rolle bei der Messung spielt (Torres et al., 2008, S. 1279–1285).

Anwendung im Sport

In Anbetracht der Ergebnisse der vorliegenden Studie und der vorangegangenen Forschung, ist es offensichtlich, dass statisches Dehnen von mehr als 25 Sekunden vor einer sportlichen Leistung nicht durchgeführt werden sollte. Stattdessen sollte sich das Aufwärmen mehr auf die Erhöhung der Kern- und Muskeltemperatur konzentrieren. Natürlich darf in solchen Aufwärmprogrammen das dynamische Dehnen nicht fehlen (Cornwell, 2001, S. 307–324; Fowles et al., 2000, S. 1179-1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415; Behm, 2001, S. 262-272; Bradley et al., 2007, S. 223-226; Young und Behm, 2003, S. 21-27).

Es ist jedoch nicht bekannt, wie lange der neuromuskuläre Effekt durch das dynamische Dehnen anhält. Es wird empfohlen das dynamische Dehnen so nahe wie möglich an den Wettbewerb zu legen (Hough, 2009, S. 511).

8.2 EFFECTS OF STATIC STRETCHING FOR 30 SECONDS AND DYNAMIC STRETCHING ON LEG EXTENSION POWER

TAICHI YAMAGUCHI AND KOJIRO ISHII

Beschreibung

Um die Gültigkeit ihrer Annahmen zu bestätigen, dass ein 30 Sekunden dauerndes statisches Dehnen die muskuläre Leistung verschlechtert und ein dynamisches Dehnen die muskuläre Leistung verbessert, wurde wie folgt vorgegangen.

Im Experiment wurde die Leg Extension als Versuchsobjekt verwendet, da sie die Leistung beim einem vertikalen Sprung sehr gut imitiert.

Cornwell et al. 2001 berichteten, dass es durch ein statisches Stretching zu einem Rückgang der vertikalen Sprungleistung kam (Cornwell, 2001, S. 307–324). Allerdings sollte es gemäß *Yamaguchi und Ishii 2005* zu keiner Verschlechterung der Beinstreckerleistung nach einem statischen Dehnen für 30 Sekunden kommen. Andererseits sollte durch dynamisches Dehnen eine verbesserte Leistung erzielt werden (Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677-683).

Für das statische und das dynamische Dehnen wurden jeweils 5 Muskelgruppen der unteren Extremitäten ausgewählt. Die Gesamtdauer für das Stretching belief sich auf 500 Sekunden.

Die Beinstreckerpower wurde auf einem speziellen Gerät getestet, dem „Power Measurement System“ (Anaero Press 3500, Kombi, Tokyo, Japan; Abb.: 34). Die Probanden hatten jeweils 5 Versuche und durften einen Kniewinkel von 90° nicht unterschreiten. Zwischen den einzelnen Versuchen hatten sie eine Pause von 15 Sekunden. Aus den besten zwei Versuchen wurde der Mittelwert errechnet und festgehalten.

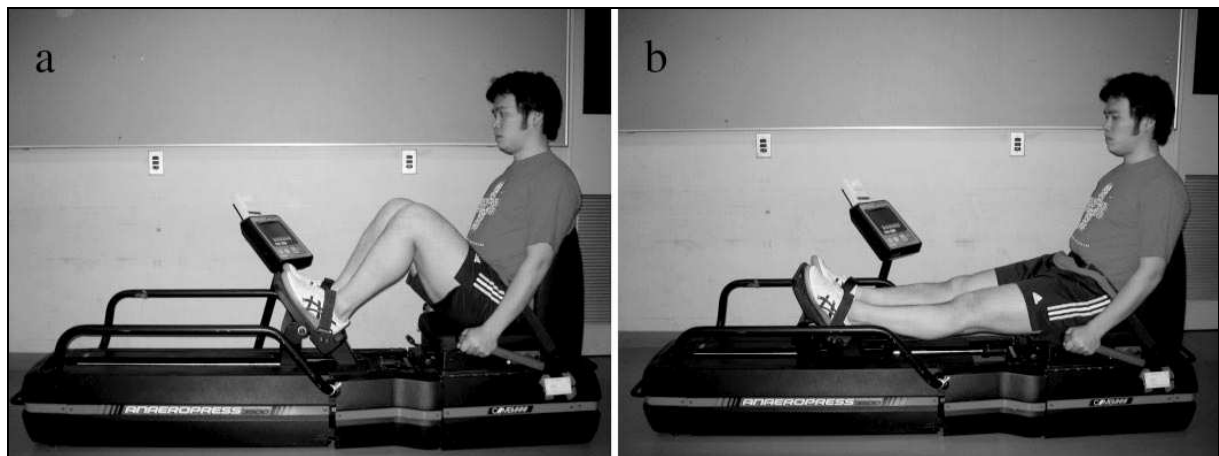


Abb. 13: Beinstreckermaschine, Anfangs und Endposition (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 678)

Das statische Dehnen wurde für 30 Sekunden gehalten, dann gab es eine 20-Sekunden-Ruhepause, in der die Position gewechselt wurde.

Für das dynamische Stretching hatte jeder Proband die Aufgabe, den Antagonisten der Zielmuskulatur anzuspannen. Alle 2 Sekunden wurde ein Gelenk entweder gestreckt oder gebeugt. Diese Dehnung wurde 5-mal langsam und dann 10-mal so schnell und kraftvoll wie möglich ohne zu wippen durchgeführt.

Eine Ruhezeit von 20 Sekunden zwischen den einzelnen Dehnungsübungen wurde auch in diesem Verfahren eingehalten (Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677-683).

1. Statisches Dehnen

Plantar flexors

Der Proband lag in Rückenlage und der Tester machte nun eine Dorsalflexion im Sprunggelenk des Probanden, das Knie war dabei voll durchgestreckt.



Hip extensors

Der Proband lag in Rückenlage, der Tester beugte das Hüftgelenk des Probanden, das Knie war dabei abgewinkelt.



Hamstrings

Der Proband lag in Rückenlage, der Tester beugte das Hüftgelenk des Probanden, das Knie war voll durchgestreckt.



Hip flexors

Der Proband befand sich in Bauchlage, der Tester hob nun das Knie des Probanden an, das Knie war leicht gebeugt, so dass das Hüftgelenk erweitert wurde.



Quadriceps femoris

Der Proband befand sich in Bauchlage, der Tester beugte das Knie und brachte die Ferse in Richtung Gesäß. Das Knie wurde leicht angehoben, dass die Hüfte in eine erhöhte Vorspannung geriet.



2. Dynamisches Dehnen

Plantar flexors

Der Proband musste den Fuß vom Boden abheben, dann wurde eine aktive Dorsalflexion durchgeführt.



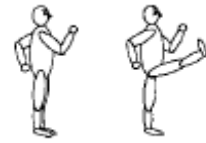
Hip extensors

Der Proband musste das Knie und die Hüfte beugen, dass der Oberschenkel fast oder ganz die Brust berührte.



Hamstrings

Der Proband musste das gestreckte Bein nach vorne schwingen, so dass er eine Dehnung im Beinbiceps spürte.



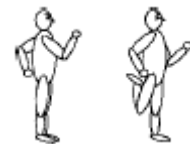
Hip flexors

Der Proband musste einen Fuß leicht anheben, bei leicht gebeugtem Knie und Hüfte bekam der Proband die Aufgabe das Bein nach hinten zu strecken, dabei mussten die Hüftstrecker aktiviert werden.



Quadriceps femoris

Der Proband musste sein Knie beugen, die Ferse musste dabei das Gesäß berühren.



Ergebnis

In der Abbildung sieht man sehr schön die Veränderungen der Leg Extension Power bei allen Probanden nach dem dynamischen Dehnen.

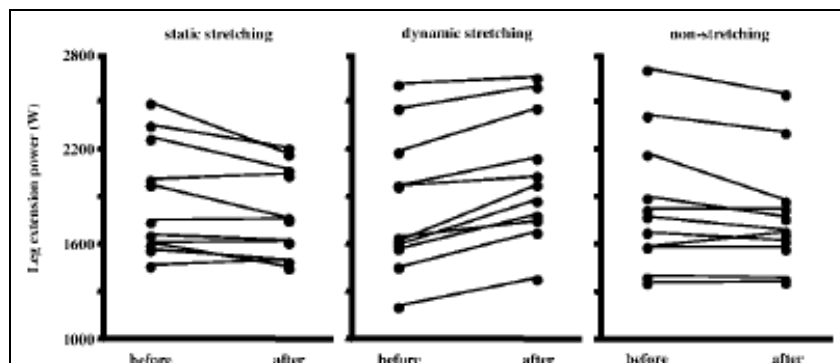


Abb. 14: Unterschied in der Leg Extension Power. (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 680)

In der nächsten Grafik werden die Mittelwerte der Leg Extension Power nach unterschiedlichen Dehnprogrammen dargestellt.

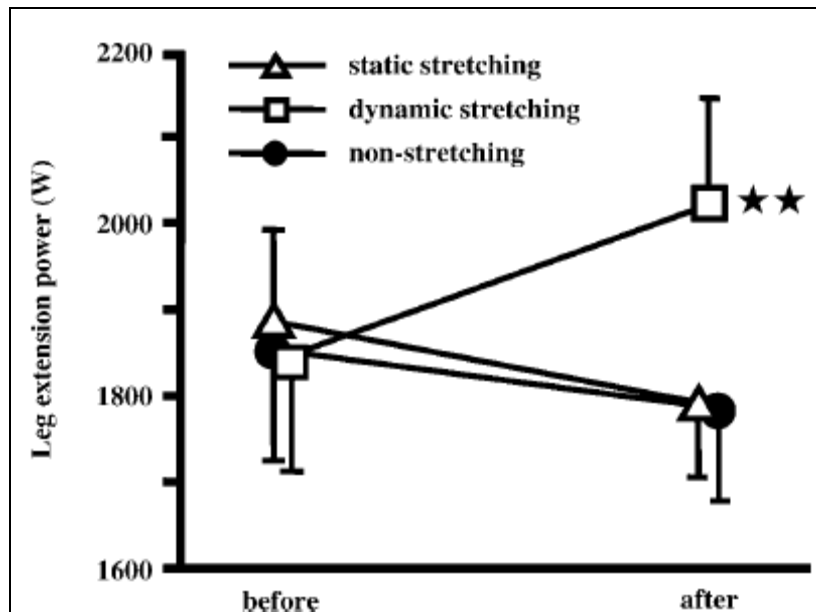


Abb. 15: Vergleich der Mittelwert. Values are means and standard errors. ★★ Indicates significantly ($p < 0.01$) different from nonstretching. (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 680)

Es war das Ziel dieser Studie, die Auswirkungen des statischen Stretchings für 30 Sekunden und ein dynamische Stretching anhand der muskulären Leistung zu vergleichen.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Leg Extension Power nach dem statischen Dehnen gegenüber einem nicht Dehnen nicht veränderte. Es kam zu keiner Verschlechterung der statischen Dehnungsgruppe. Dagegen kam es nach einem dynamischen Dehnen zu einer deutlichen Verbesserung der Leg Extension Power (Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677-683). Die Hypothese von Yamaguchi und Ishii 2005, dass es nach einer statische Dehnung für 30 Sekunden zu keiner Verringerung der Leg Extension Power kommt, wurde hiermit bestätigt.

Mehrere Studien zeigten, dass sich die Muskelleistung nach statischem Dehnen verringerte. In diesen Studien wurden aber viel längere Zeitintervalle für das Dehnen eingeplant und zwar zwischen 100 Sekunden und 30 Minuten (Behm, 2001, S. 262-272; Cornwell, 2001, S. 307–324; Evetovich, 2003, S. 484-488; Fowles et al., 2000, S. 1179-1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415; Young und Behm, 2003, S. 21-27; Young und Elliot, 2001, S. 273-279).

Fowles et al. 2000 berichteten über eine statische Dorsalflexionsdehnung für ca. 30 Minuten (13 Sätze von 2 Minuten, mit jeweils 15-Sekunden-Stretching). Dieses Verfahren reduzierte das Drehmoment der maximalen, freiwilligen isometrischen Kontraktion in Spitzfuß.

Cornwell et al. 2001 stellten einen Rückgang der Counter-Movement-Sprunglesitung nach einem statischen Dehnen festgestellt. Sie ließen die Probanden ein Hüft- und

Kniestreckerdehnungsprogramm für 100 Sekunden (je 2 Sätze mit 50-Sekunden-Stretching) durchführen (Cornwell, 2001, S. 307–324).

Allerdings wurde in dieser Studie extra drauf geachtet, dass nur 30 Sekunden statisches Stretching verwendet wurde. Es kam zu keiner Verschlechterung der Leg Extension Power gegenüber dem nicht Dehnen.

Tab. 2: Vergleich von unterschiedlichen Dehnprotokollen und deren Ergebnisse

	Study	Performance	Target muscle group(s)	Stretching type, time, set of a single muscle group	Rest between sets of a single muscle group	Total stretching time of a single muscle group	Effect on performance
Strength	Behm et al. (2001) (4)	KE MVC force	Ke	4 type × 45 s × 5 set	15 s	20 min	W-up + NS > W-up + SS
	Evetovich et al. (2003) (9)	FF CON ISK torque	Ff	3 type × 30 s × 4 set	15 s	9 min	NS > SS
	Fowles et al. (2000) (10)	PF MVC torque	Pf	1 type × 2 min, 15 s × 13 set	5 s	30 min, 20 s	NS > SS
	Kokkonen et al. (1998) (17)	KE & KF 1RM	Ke, Kf Pf	2 type × 15 s × 6 set 1 type × 15 s × 6 set	15 s	6 min 3 min	NS > SS
Jump	Church et al. (2001) (6)	CJ (JH)	Ke, Kf	3 type × ? s × ? set	?	?	W-up + NS = W-up + SS
	Cornwell et al. (2001) (7)	SJ, CJ (JH, VP)	Ke, He	2 type × about 50 s × 1 set	—	100 s	NS > SS
	Cornwell et al. (2002) (8)	SJ, CJ (JH)	Pf	2 type × 30 s × 3 set	0 s	180 s	NS > SS (CJ) NS = SS (SJ)
	Knudson et al. (2001) (16)	CJ (PV)	Ke, Kf, Pf	1 type × 15 s × 3 set	?	2 min ?	W-up + NS + jump = W-up + SS + jump
	Young and Behm (2003) (24)	CON J (JH, PF, RFD) DJ (JH, CT, height/time)	Ke, Pf	2 type × 30 s × 1 set	—	60 s	Walk + squat + heel rise > SS (PF of CON J) Walk + squat + heel rise = SS (except PF of CON J)
	Young and Elliott (2001) (25)	CON J (JH, PF, RFD) DJ (height/time)	Ke, Kf, Pf	1 type × 15 s × 3 set	20 s	105 s	W-up + NS > W-up + SS (height/time of DJ) W-up + NS = W-up + SS (except height/time of DJ)
Power	This study	LE power	Ke, Kf, He, Hf, Pf	1 type × 30 s × 1 set	—	30 s	NS = SS

* KE = knee extension; MVC = isometric maximum voluntary contraction; FF = forearm flexion; CON ISK = concentric isokinetic; PF = plantar flexion; KF = knee flexion; 1RM = 1 repetition maximum; CJ = countermovement jump; JH = jump height; SJ = static jump; VP = vertical power; PV = peak velocity; CON J = concentric jump; PF = peak force; RFD = rate of force development; DJ = drop jump; CT = contact time; LE = leg extension; Ke = knee extensors; Kf = forearm flexors; Pf = plantar flexors; Kf = knee flexors; He = hip extensors; Hf = hip flexors; W-up = warm-up; NS = non-stretching; SS = static stretching.

Quelle: mod. nach Yamaguchi und Ishii (2005, S. 681)

Frühere Studien zeigten, dass die Gründe für eine Verschlechterung der muskulären Leistungsfähigkeit nach statischem Stretching, die Reduzierung der neuromuskulären Aktivität und Abnahme der Viskoelastizität der Muskel-Sehnen-Strukturen waren (Behm, 2001, S. 262-272; Cornwell, 2001, S. 307–324; Evetovich, 2003, S. 484-488; Fowles et al., 2000, S. 1179-1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415; Young und Behm, 2003, S. 21-27; Young und Elliot, 2001, S. 273-279).

Guissard et al. 1988 gingen jedoch davon aus, dass die neuromuskuläre Aktivität gemessen durch Hoffmann-Reflex nach statischem Dehnen für 30 Sekunden reduziert war, die Regeneration aber unmittelbar nach dem Dehnen erfolgte, so dass dann das Ausgangspotential wieder vorhanden war.

Weiters gibt es den Effekt, dass sich nach einer statischen Dehnung von 30 Sekunden die viskoelastischen Eigenschaften der Muskel-Sehnen-Strukturen verändern. *Magnusson et al. 2000* berichteten, dass nach 30 Sekunden statischem Dehnen verschlechterte viskoelastische Eigenschaften der Muskel-Sehnen-Strukturen von ca. 45 Sekunden gemessen wurden (Magnusson et al., 2000, S. 1160-1164).

In dieser Studie hatten die Probanden genügend Zeit um sich zu erholen, somit konnte weder der neuronale noch der viskoelastische Effekt wirken (Yamaguchi und Ischii, 2005, S. 677-683).

Anwendung im Sport

Für Athleten, die eine hohe muskuläre Leistung erbringen müssen, ist eine statische Dehnung für 30 Sekunden nicht ratsam, hier empfiehlt sich ein dynamisches Dehnen. Der Versuch zeigte eindeutig, dass der Poweroutput nach dynamischem Aufwärmen am höchsten war. Ein Grund dafür ist, dass die Muskeltemperatur durch dynamisches Dehnen angehoben wird, aber auch die verbesserte neuronale Aktivierung kann zu einer verbesserten sportlichen Leistung führen (Yamaguchi und Ischii, 2005, S. 677-683).

8.3 PRETESTING STATIC AND DYNAMIC STRETCHING DOES NOT AFFECT MAXIMAL STRENGTH

BARRY BEEDLE, SCOTT J. RYTTER, RYAN C. HEALY, AND TARA R. WARD

Beschreibung

Für diese Untersuchung wurden die Beinpresse und das Bankdrücken ausgewählt, da sie zu den wichtigsten Multijoint-Übungen zählen. Weiters waren diese Übungen davor noch nicht untersucht worden. Es handelt sich um sportartspezifische, funktionale Übungen. Die meisten anderen Untersuchungen verwendeten Singlejoint-Übungen bei ihren Testungen.

Bei dieser Studie wurden Männern (n = 19) und Frauen (n = 32) mit verschiedenem körperlichen Aktivitätslevel getestet. Die meisten der Probandinnen und Probanden waren moderat aktiv, hatten einige Kraftsporterfahrung und vollzogen ein regelmäßiges Krafttrainingsprogramm (Beedle et al., 2008; S.1838-1843).

Die Probandinnen und Probanden wurden nach dem Zufallsprinzip für eine der drei folgenden Dehnvarianten ausgewählt. Es gab „nicht Stretching“, statisches Stretching und dynamisches Stretching. Die Untersuchungen wurden mit einem 72 Stunden Abstand durchgeführt. Die Probandinnen und Probanden mussten ihre Bankdrück- und Beinpressleistung unter Beweis stellen.

Dazu wurden sie nach dem 1-Repetition-Maximum-Test bewertet. Die Probandinnen und Probanden hatten 2 Aufwärmätze, damit die Verletzungsgefahr minimiert wurde (Beedle et al., 2008; S.1838-1843).

Für das dynamische Dehnen wurden schwinggymnastische Elemente eingebaut. Diese Übungen wurden 30 Sekunden mit jeweils 3 Sätzen durchgeführt, zwischen den Sätzen gab es 10 Sekunden Pause.

Beim statischen Dehnen wurde die Dehnung 15 Sekunden gehalten und 2-mal wiederholt, zwischen den Wiederholungen gab es 10 Sekunden Pause.

Die Testung des 1 RM hatte folgenden Aufbau: Die Probandin und der Proband mussten mit leichtem Gewicht, d.h. 40-60% des 1 RM ca. 6 Wiederholungen durchführen. Nach einer Minute Pause wurde ein weiterer Aufwärmatz durchgeführt, diesmal wurden 60-80% des 1 RM wahrgenommen. Nach einer Minute Pause wurde dann die maximale Last angepeilt. Wurde sie nicht erreicht, wurden 2-3 Minuten Pause gemacht und dann erneut ein maximaler Versuch durchgeführt.

Beim Bankdrücken mussten die Probandinnen und die Probanden etwas mehr als schulterbreit greifen, die Füße mussten den Boden berühren, der Rücken durfte nicht von der Bank abgehoben werden. Das Gewicht wurde langsam und kontrolliert in Richtung Brust gesenkt und wieder weggedrückt.

Bei der Beinpresse waren die Füße etwas breiter als schulterbreit zu platzieren. Die Zehenspitzen zeigten in Richtung der Decke. Die Wiederholung wurde erst dann gewertet, wenn der Kniewinkel ca. 90° betrug (Beedle et al., 2008; S.1838-1843).

Ergebnis

Das Ergebnis zeigte keinen Unterschied zwischen den unterschiedlichen Aufwärmmethoden, weder beim „nicht Stretching“, noch beim statischen Stretching oder beim dynamischen Stretching. Die Intensität der Dehnung war mäßig, wogegen in den meisten Studien, in denen signifikante Unterschiede gefunden wurden, das Stretching sehr intensiv war und die Dauer

verlängert (3-5, 8-10) wurde. Darüber hinaus wurden in dieser Studie funktionelle Multijoint-Übungen verwendet, in den anderen Studien eher Ganzkörper-Maschinenübungen (Beedle et al., 2008; S.1838-1843).

8.4 STATIC STRETCHING IMPAIRS SPRINT PERFORMANCE IN COLLEGIATE TRACK AND FIELD ATHLETES

JASON B. WINCHESTER, ARNOLD G. NELSON, DENNIS LANDIN MICHAEL A. YOUNG,
AND IRVING C. SCHEXNAYDER

Beschreibung

Die Probandinnen und Probanden waren Mitglieder des Louisiana State University Leichtathletikteams. Es handelte sich um 11 Männer und 11 Frauen.

Die Testung wurde im Rahmen eines normalen Montagstrainings durchgeführt. Die beiden Testungen wurden in einem Abstand von einer Woche durchgeführt. Das Aufwärmen wurde dynamisch mit gymnastischen Elementen durchgeführt. Die Dauer betrug 30 Minuten. Nach dem Aufwärmen wurden die Sportler in eine Stretching und in eine „nicht Stretching“ Gruppe geteilt. Es wurde ein 40-m-Sprint getestet, wobei die Athletinnen und Athleten 3 Versuche hatten. Es wurde auf einer indoor Gummibahn mit Standard Startblöcken und Lichtschranken (20 m und 40 m) getestet, um für alle Athletinnen und Athleten die gleichen Verhältnisse zu schaffen. Um Ungenauigkeiten mit der Laserlichtschranke zu vermeiden, wurde sie auf Taillenhöhe positioniert.

Das Stretchingprogramm beinhaltete 4 statische Stretchingübungen, die sich vor allem auf die Waden und den Oberschenkel konzentrierten.

Die Dauer des Stretchingprogramms war für 10 Minuten festgelegt. Die Dehnungsübungen wurden für 30 Sekunden gehalten. Zwischen jeder Dehnungsübung wurde eine Pause von 10 bis 20 Sekunden eingehalten. Der Zirkel von 4 Übungen wurde 3-mal wiederholt und nach jedem Zirkel wurde eine Satzpause von 20 bis 30 Sekunden durchgeführt. Nach dem Stretching der Athletinnen und Athleten wurden drei 40-m-Sprints mit einem Pausenintervall von mindestens 5 Minuten durchgeführt (Winchester et al., 2008, S. 13-18).

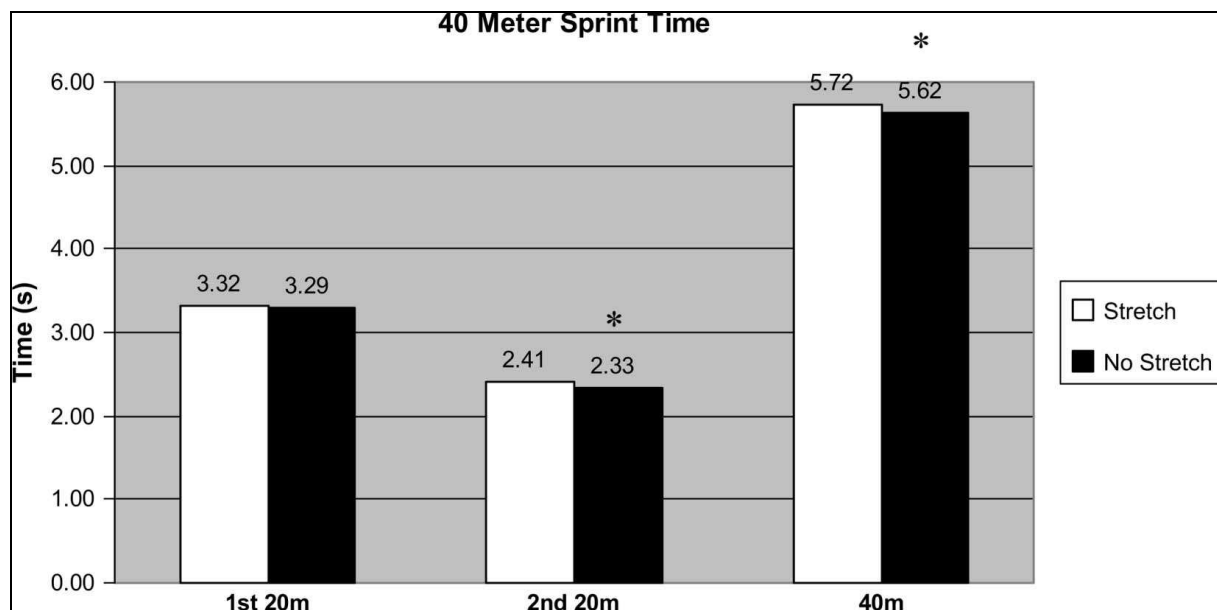


Abb. 16: Der Effekt des Dehnens auf die Sprintzeit. *Signifikanz zwischen Stretching und nicht Stretchingbedingungen ($p = 0,05$). (vgl. Winchester et al., 2008, S. 15)

Ergebnis

Die wichtigste Erkenntnis dieser Studie war, dass es nach einem statischen Stretching zu einem 3%-igen Rückgang der Sprintleistung bei einem 40-m-Sprint kam. Trotz umfangreichen dynamischen Dehnens vor dem eigentlichen statischen Dehnen, kam es zu einer Leistungsminderung im Sprint (Avela et al., 1999, S. 1283-1291; Fowles et al., 2000, S. 1179-1188).

Bereits frühere Untersuchungen zeigten, dass es durch ein passives Muskelstretching zu einer Verschlechterung der Maximalkraft in der isometrischen und der konzentrischen Kontraktion kam.

Stewart et al. 2003 fanden heraus, dass es zu einer Erhöhung der EMG-Tätigkeit in der Arbeitsmuskulatur nach der Verwendung eines dynamischen Aufwärmens kam. Darüber hinaus stellten sie eine Erhöhung des maximalen Poweroutputs fest. Dynamisches Dehnen ist ein überaus wirksames Mittel um sportartspezifische (Sprinten, Springen usw.) Fähigkeiten zu steigern (Stewart et al., 2003, S. 509-514).

Rosenbaum und Hennig 1995 zeigten auf, dass sich durch dynamisches Dehnen die Sehnen versteifen und dies wiederum einen Anstieg von Leistung und Kraft nach sich zieht (Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481-490).

Dieser Mechanismus wurde auch von Wilson et al. 1994 beschrieben. Sie gaben an, dass für die konzentrischen Muskelaktionen ein versteiftes System zu einem verbesserten

Kraftverhältnis führt. Eine andere Möglichkeit sportliche Leistung durch dynamisches Dehnen zu steigern, ist die Freisetzung der in den Muskelsehnen gespeicherten elastischen Energien (Wilson et al., 1994, S. 2714–2719).

Viele Autoren berichteten auch, dass der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus eine wesentliche Rolle beim dynamischen Dehnen spielte (Herbert und Gabriel, 2002, S. 468-470; Hof et al., 1998, S. 793-800; Komi und Bosco, 1978, S. 261-265; Aura und Komi, 1986, S. 137-143).

McNair und Stanley 1996 fanden in ihren Untersuchungen heraus, dass das passive Dehnen keinen Einfluss auf die Steife der Muskulatur der unteren Extremitäten während einer isometrischen Kontraktion mit ungefähr 30% Maximalkraft hat. Jedoch wurde diese Studie nur unter statischen Bedingungen durchgeführt und nicht unter dynamischen Bedingungen. Es gibt auch neurologische Mechanismen, die für eine Abnahme bzw. Steigerung der Leistung verantwortlich sein können. Das Golgi-Sehnen-Organ reagiert auf die Spannung und veranlasst, dass sich der Muskel entspannt. Die Muskelspindel wiederum reagiert auf die Längenänderung, die in dem Muskel den Tonus erhöht (Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481-490; Bosco et al. 1982, S. 557-565).

Anwendung im Sport

Die Studie zeigte, dass die sportliche Leistung durch passives Dehnen gehemmt wird. Auch wenn vorher dynamisch gedehnt wurde und erst im Anschluss statisch, kommt es trotzdem zu einem Leistungsabfall beim Sprint (Winchester et al., 2008, S. 13-18).

8.5 THE ACUTE EFFECTS OF COMBINED STATIC AND DYNAMIC STRETCH PROTOCOLS ON FIFTY-METER SPRINT PERFORMANCE IN TRACK-AND-FIELD ATHLETES

IAIN M. FLETCHER AND RUTH ANNESS

Beschreibung

Die experimentelle Herangehensweise an das Problem war wie folgt:

Drei verschiedene Dehnungsmethoden wurden untersucht.

1. Aktive dynamische Dehnung (ADS)
2. Statische dynamische Dehnung in Verbindung mit ADS (DADS)

3. Statische passive Dehnung in Verbindung mit ADS (SADS)

Vor jedem Dehnen gab es ein allgemeines Aufwärmen, dann wurden die Probanden, 10 Männer und 8 Frauen, in die jeweiligen Gruppen aufgeteilt. Nach dem Dehnen wurden zwei 50-m-Sprints durchgeführt.

Das allgemeine Aufwärmen wurde mittels eines 800-m-Joggings durchgeführt, anschließend wurden die speziellen Dehnungsprogramme gemacht. Nach der letzten Dehnungsübung hatten die Probandinnen und Probanden 4 Minuten Zeit, um zwei Probesprints durchzuführen. Nach dem ersten Sprint gab es eine 2-Minuten-Pause, dann wurde der zweite Sprint durchgeführt. Die schnellste Sprintzeit wurde in das Protokoll eingetragen. Zwischen den einzelnen Testtagen wurde eine Woche Abstand gelassen.

Die SADS Protokolle wurden eigentlich als Kontrollmethode designed. Diese Methode bestand aus 3-mal 22 Sekunden passivem Dehnen mit einer 10-Sekunden-Pause zwischen dem Stretching (insgesamt Zeit: 7 Minuten, 12 Sekunden).

Dehnungsübungen:

- Dehnung des Musculus gastrocnemius (gegen eine Wand)
- Dehnung des Beinbiceps (liegend und das gerade Bein hebend)
- Dehnung des Musculus quadriceps (im Stehen)
- Dehnung des Musculus glutealis (liegend und das Knie zur Brust ziehend)
- Dehnung des Hüftbeugers (statischer Ausfallschritt)

Das ADS-Stretching bestand aus einer Ruhezeit von 7 Minuten und 12 Sekunden, gefolgt von einer Reihe dynamischer Übungen für die unteren Extremitäten.

Die Übungen wurden 2-mal über 20 m durchgeführt, die Erholungszeit war das Zurückgehen. Das dynamische Dehnen sollte den Sprint in seiner Vielfalt imitieren und sogleich die unteren Extremitäten dehnen (Musculus gastrocnemius, gluteals, hamstrings, quadriceps, und iliopsoas).

Folgende Übungen wurden eingebaut:

- Straight leg skipping
- Walking high knees
- skipping high knees
- running high knees
- flick backs

Anschließend wurden zwei 50 m Probesprints mit ca. 80% der maximalen Geschwindigkeit durchgeführt.

Das DADS-Stretching bestand aus den gleichen Bewegungen wie beim ADS-Stretching, nur wurden diese Übungen in einer stationären Position durchgeführt. Jede Dehnung wurde 2-mal mit 8 Wiederholungen ausgeführt, im Anschluss gab es 10 Sekunden Ruhepause. Das Tempo wurde auf 2 Sekunden festgelegt (Fletcher und Anness, 2007, S. 784-787).

Folgende Übungen wurden eingebaut:

- seated plantar/dorsi flexion of the ankle
- standing straight leg raise
- standing flick backs
- standing high knees raised

Im Anschluss wurde ein ADS-Stretching durchgeführt.

Tab. 3: Mittelwert für Männer und Frauen nach verschiedenen Stretch-Interventionen.

Intervention†	Mean time men (s)	Mean time women (s)
ADS	6.33† ± 0.32	7.14† ± 0.11
SADS	6.49†‡ ± 0.40	7.24† ± 0.12
DADS	6.38‡ ± 0.32	7.15† ± 0.07

* ADS = active dynamic stretch; SADS = static passive stretch combined with ADS; DADS = static dynamic stretch combined with ADS.
† and ‡ Denotes significant differences between stretch interventions ($p \leq 0.05$).

Quelle: mod. nach Fletcher und Anness (2007, S. 785)

Ergebnis

Das ADS-Stretching zeigte einen signifikanten Rückgang in der Sprintzeit über 50 m und zwar eine mittlere Abnahme von 0,16 Sekunden für Männer und 0,1 Sekunden für Frauen, im Vergleich zum SADS-Stretching. Das DADS-Stretching zeigte einen signifikanten Rückgang der Sprintzeit über 50 m, berechnet als eine mittlere Abnahme von 0,11 Sekunden für Männer und 0,09 Sekunden für Frauen, im Vergleich zu den Sprintzeiten des SADS-Stretchings.

Einen marginalen Rückgang (0,05 Sekunden für Männer und 0,01 Sekunden für Frauen) in der 50-m-Zeit gab es zwischen dem ADS und DADS-Stretching, er wurde als nicht signifikant erachtet (Fletcher und Anness, 2007, S. 784-787)..

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studie waren, dass passives statisches Stretching, obwohl es in Verbindung mit einem aktiven dynamischen Stretching durchgeführt wurde, zu einem signifikanten Anstieg der Sprintzeit führte. Dagegen kam es bei statisch dynamischem Dehnen kombiniert mit aktivem dynamischen Dehnen oder aktiv dynamischem Dehnen alleine, zu einem signifikanten Rückgang in der Sprintzeit. Eine Abnahme der Leistung durch den Einsatz von statischem passivem Dehnen wurde in einer Vielzahl von Studien gezeigt (Avela et al., 1999, S. 1283-1291 ; Behm, 2001, S. 262-272; Cornwell, 2001, S. 307–324; Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888; Fowles et al., 2000, S. 1179-1188 ; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415 ; Siatras et al., 2003, S. 381-391 ; Young und Behm, 2003, S. 21-27 Young und Elliot, 2001, S. 273-279).

Der positive Effekt des dynamischen Dehnens konnte nachgewiesen werden (Fletcher und Jones, 2004; Siatras et al., 2003, S. 381-391).

Anwendung im Sport

Die 50-Meter-Sprintleistung konnte unter Verwendung des aktiv dynamischen Dehnens verbessert werden, während das passive statische Dehnen, auch in Verbindung mit dynamischem Dehnen, zu einer Verschlechterung der Sprintzeiten führte.

Das Einbauen von statisch dynamischen Übungen in das Aufwärmen hatte keinen Nutzen für die Sportlerin und den Sportler, ein aktiv dynamisches Dehnen reichte völlig aus. Alle Probanden, sowohl Männer als auch Frauen, verbesserten ihre Leistung als sie das passive statische Stretching aus ihrer Aufwärmroutine entfernt hatten.

Es kann daher der Schluss gezogen werden, dass man Athletinnen und Athleten aktiv dynamisch aufwärmen lässt, um die Sprintleistung zu optimieren. Diese Art des Aufwärmens imitiert sehr viele Komponenten des Sprint-Zyklus, was sich wiederum positiv auf die Sprintleistung auswirkt. Dagegen wirkt sich der traditionelle statische Stretchansatz negativ auf die Sprintleistung aus (Fletcher und Anness , 2007, S. 784-787).

8.6 THE ACUTE EFFECTS OF DYNAMIC AND BALLISTIC STRETCHING ON VERTICAL JUMP HEIGHT, FORCE, AND POWER

JASON R. JAGGERS, ANN M. SWANK, KAREN L. FROST, AND CHONG D. LEE

Beschreibung

Das Ziel dieser Studie war der Vergleich zwischen zwei Sätzen an ballistischem und zwei Sätzen an dynamischem Dehnen anhand der vertikalen Sprunghöhe. Es wurde vermutet, dass es bei einer dynamischen Dehnung zu einer Erhöhung der vertikalen Sprunghöhe, -kraft und Power kommt. Dagegen sollte es beim ballistischen Dehnen zu keiner signifikanten Wirkung auf eine der drei Variablen kommen.

Bei diesem Experiment wurde ein Counter-Movement-Jump zur Testung der vertikalen Sprunghöhe verwendet. Die Sprunghöhe wurde mittels Kraftmessplatt eruiert. Es wurden zwanzig gesunde Studenten (10 Männer, 10 Frauen) getestet.

Jede Probandin und jeder Proband hatte 3 Testversuche an 3 nicht aufeinander folgenden Tagen. Die Pause zwischen den einzelnen Testungen sollte nicht länger als 3 Tage betragen. Weiters war es wichtig, dass die Probandinnen und die Probanden innerhalb der letzten 24 Stunden vor der Testung keine körperlich anstrengende Tätigkeit der unteren Extremitäten vollzogen. Am ersten Tag der Testung machten die Probandinnen und Probanden ein allgemeines Aufwärmen auf dem Laufband für 5 Minuten, wobei sie das Tempo frei wählen durften. Dieses Verfahren wurde an allen Testtagen angewendet. Am ersten Tag wurde die Auswirkung des „nicht Dehnens“ auf den Vertikal-Jump gemessen. Am zweiten und dritten Tag wurden die Probandinnen und Probanden in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe vollzog ein ballistisches Dehnen, die andere Gruppe ein dynamisches Dehnen.

Die Studenten machten entweder 5 Übungen mit je 2 Sätze von ballistischem oder dynamischem Dehnen, anschließend wurden 3 vertikale Sprünge durchgeführt. Zwischen dem zweiten und dem dritten Tag gab es eine Pause von 2 Tagen (Jaggers et al., 2008, S. 1844-1849).

Das ballistische Dehnen bestand aus den folgenden fünf Übungen:

forward lunge, supine knee flex, sitting toe touch, quadriceps stretch und butterfly.

Die Probandinnen und Probanden wurden angewiesen die Dehnung für 30 Sekunden zu halten und in einem Tempo von 126 Schlägen pro Minute zu wippen. Dies wurde mittels Metronom gewährleistet (Jaggers et al., 2008, S. 1844-1849).

Forward Lunge: betroffene Muskeln: Hüftbeuger, M. iliopsoas, M. rectus femoris

1. Das vordere Bein macht einen großen Schritt nach vorne und wird im Knie gebeugt. Das Knie wird so lang gebeugt, bis es auf der Höhe der Zehenspitzen ist. Der Fuß bleibt flach auf dem Boden.
2. Der hintere Fuß zeigt in Richtung des vorderen Fußes. Es ist nicht erforderlich die Rückseite der Ferse auf dem Boden zu lassen.
3. Der Oberkörper wird aufrecht gehalten und die Hände werden in die Hüften gelegt.
4. Die Hüfte wippt nun nach vorn unten in Richtung des Bodens.
5. Dieser Vorgang wird für das linke Bein wiederholt.

Supine knee flex: betroffene Muskeln: Hüftstrecker, M. gluteus maximus und Hamstrings

1. Auf dem Rücken liegen, die Beine sind ausgestreckt.
2. Nun wird der rechte Oberschenkel auf die Brust gelegt, das rechte Knie wird gefasst und danach wird in der Hüfte und im Knie gebeugt.
3. Beide Hände werden hinter den Oberschenkel gelegt und mittels wippender Bewegung wird der Oberschenkel in Richtung der Brust gezogen.
4. Dieser Vorgang wird für das linke Bein wiederholt.

Sitting toe touch: betroffene Muskeln: Hamstrings, Rückenstrecker und M. gastrocnemius

1. Man setzt sich auf eine Matte, der Oberkörper befindet sich in einer vertikalen Position und die Beine sind gestreckt.
2. Man lehnt sich nach vorne und versucht die Zehen oder den Knöchel zu greifen. Diese Übung wird wieder wippend durchgeführt, die Arme und Beine bleiben bei der ganzen Übung gestreckt.

Stehend Quadrizeps Stretch: betroffene Muskeln: M. quadrizeps

1. Man steht aufrecht und darf sich festhalten, um nicht die Balance zu verlieren.
2. Jetzt wird das rechte Knie gebeugt und die Ferse zum Gesäß gebracht.
3. Der rechte Fuß wird mit einer Hand gefasst.

-
4. Die Ferse wird zum Gesäß gezogen und durch sanftes Wippen wird die Ferse gegen das Gesäß gedrückt.
 5. Der Vorgang wird mit dem linken Bein wiederholt.

Butterfly: betroffene Muskeln: Adductoren und M. sartorius

1. Man sitzt auf einer Matte, der Oberkörper ist fast senkrecht, die Knie werden gebeugt und die Fußsohlen aneinander gedrückt.
2. Die Füße werden in Richtung des Körpers gezogen.
3. Die Hände werden auf die Füße und die Ellbogen auf die Beine gelegt.
4. Jetzt wird mit dem Knie nach oben und unten gewippt, indem man die Hüfte bewegt.

Das dynamische Dehnen bestand aus folgenden fünf Übungen:

leg kick backs, standing knee raise, calf raise, hurdle step overs und butt kicks.

Diese Übungen wurden 5-mal langsam und dann 10-mal so schnell und kraftvoll wie möglich ohne zu wippen durchgeführt. Es wurden 2 Sätze pro Dehnungsübung durchgeführt (Jaggers et al., 2008, S. 1844-1849).

Leg Kick Backs: betroffene Muskeln: Hüftbeuger

1. Mit einem Bein auf den Boden stehen.
2. Das andere Bein wird durch eine leichte Beugung des Knies ein wenig vom Boden abgehoben.
3. Das Bein wird hinter den Körper gekickt und völlig durchgestreckt.
4. Der Vorgang wird mit dem anderen Bein wiederholt.

Standing knee raise: betroffene Muskeln: Hüftstecker

1. Mit beiden Beinen fest auf dem Boden stehen.
2. Das rechte Bein wird gehoben, so dass das Knie so hoch wie möglich kommt und nun wird es zur Brust gezogen.
3. Dieser Vorgang wird für das linke Bein wiederholt.

Calf Raise: betroffene Muskeln: M. soleus und M. gastrocnemius

1. Man begibt sich in einer Liegestütz-Position.
2. Man dehnt die Wadenmuskulatur, indem man eine Ferse auf den Boden drücken und

wieder lösen.

3. Wechsel zwischen den Beinen.

Hurdle step overs: betroffene Muskeln: gluteale Muskulatur und Adductoren

1. Ein Bein ist leicht versetzt.

2. Man hebt das Knie wieder vor dem Körper hoch, dann drehen man das Bein nach außen und macht einen Schritt auf die Seite, als würde man über eine Hürde steigen.

3. Diese Übung wird auch mit dem anderen Bein wiederholt.

Butt Kicks: betroffene Muskeln: M. quadrizeps

1. Beidbeiniger fester Stand.

2. Nun werden die Hamstrings kontrahiert, das Knie wird gebeugt und es wird versucht mit der Ferse das Gesäß zu berühren.

3. Diese Übung wird mit dem anderen Bein wiederholt.

Ergebnis

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von zwei verschiedenen Dehntechniken (ballistisches und dynamisches Dehnen) auf die maximale vertikale Sprunghöhe, -kraft und Power untersucht. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied in der maximalen vertikalen Sprunghöhe, -kraft und Power nach ballistischem oder dynamischem Dehnen. Es wurde auch kein signifikanter Unterschied in der vertikalen Sprunghöhe und -kraft zwischen nicht Dehnen und dynamischem Dehnen gefunden. Allerdings wurde ein signifikanter Unterschied in der vertikalen Sprunghöhe zwischen nicht Dehnen und dynamischem Dehnen hinsichtlich der Power festgestellt. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von *Unick et al. 2005* publiziert, die ballistisches Dehnen im Aufwärmprogramm untersuchten. Die Ergebnisse stimmen auch mit jenen von *Yamaguchi und Ishii 2005* überein.

Tab. 4: Mittelwert und Standardabweichung für nicht Dehnen, ballistisches Dehnen und dynamisches Dehnen, hinsichtlich der Sprunghöhe, Kraft und Power.

	No stretch	Ballistic	Dynamic
Jump height (cm)	48 ± 12.1	50 ± 10.5	50.1 ± 12.6
Force (% body weight)	79 ± 0.26	8 ± 0.25	82 ± 0.31
Power (W·kg ⁻¹)	22 ± 7.1	22.7 ± 6.3	22.9 ± 6.8*
*Indicates significant results ($p < 0.05$).			

Quelle: mod. nach Jagers et al. (2008, S. 1847)

Little und Williams 2006 fanden in einer neueren Untersuchung heraus, dass es keinen signifikanten Unterschied in der vertikalen Sprunghöhe nach der Durchführung eines dynamischen Dehnens gibt. Jedoch konnten *Little und Williams 2006* eine deutliche Erhöhung der Schnelligkeit und der Agilität feststellen. Die Wissenschaftler stellten sich die Frage, warum sich einige Leistungsvariablen durch dynamisches Dehnen verbessern und andere nicht. Eine von *Little und Williams 2006* gefundene Erklärung war, dass in ihrer Studie die Probanden den vertikalen Jump Test unmittelbar nach dem dynamischen Dehnen und einem 4-Minuten-Jogging vollzogen hatten (*Little und Williams, 2006, S. 203-207*).

Sie kamen zu dem Schluss, dass die negativen Auswirkungen des dynamischen Dehnens im Laufe der Zeit abnehmen, weil sie einen signifikanten Anstieg der Leistung aller anderen Variablen (Schnelligkeit, Beweglichkeit und Beschleunigung) feststellen konnten (*Little und Williams, 2006, S. 203-207*).

Folglich eignet sich das dynamische Dehnen als ideales Warm-up-Verfahren vor einer körperlichen Aktivität oder einem sportlichen Wettkampf (*Little und Williams, 2006, S. 203-207; Yamaguchi und Ischii, 2005, S. 677-683*).

Anwendung im Sport

Bei der Gestaltung des Aufwärmprogramms sollten sich die Sportlerin und der Sportler nur auf das dynamische Dehnen konzentrieren. Es ist egal, ob ein oder zwei Sätze der gewünschten Übung gemacht werden, es kommt jedenfalls zu einem signifikanten Anstieg der Power in den Beinen.

Sportlerinnen und Sportler und körperlich aktive Menschen sollten sich vor allem auf schnelle Bewegungen, die den ganzen Bewegungsradius abdecken festlegen. Statisches Dehnen und propriozeptive neuromuskuläre Facilitation sollten vermieden werden, weil sich diese Arten

des Aufwärmens nachteilig auf die sportliche Leistung auswirken (Jaggers et al., 2008, S. 1844-1849).

8.7 THE EFFECT OF DIFFERENT WARM-UP STRETCH PROTOCOLS ON 20 METER SPRINT PERFORMANCE IN TRAINED RUGBY UNION PLAYERS

IAIN M. FLETCHER AND BETHAN JONES

Beschreibung

Die experimentelle Herangehensweise an das Problem gestaltete sich folgendermaßen: Vier verschiedene Stretchingmethoden (passiv statische/PSS-Gruppe, aktiv dynamische/ADS-Gruppe, aktiv statische/ASST-Gruppe und statisch dynamische/SDS-Gruppe) wurden anhand eines 20-m-Sprints überprüft.

Es wurden 97 männliche Rugbyspieler von lokalen Amateurvereinen getestet.

Jede Gruppe vollzog ein 10-Minuten-Jog-Warm-Up, dann wurden zwei 20-m-Sprints aus einem Zweipunktstand (Hochstart) heraus gemacht. Die Probanden durften Rugbyschuhe tragen und den dominanten Fuß vorne platzieren. Dieses Verfahren wurde, nachdem die Dehnung durchgeführt worden war, mit der gleichen Technik wiederholt. Das Stretching wurde unmittelbar nach Abschluss des 20-m-Sprints durchgeführt.

Die PSS-Gruppe, vollzog ein passives Dehnen. Die Dehnungsposition wurde unter leichten Schmerzen für 20 Sekunden gehalten.

Die ADS-Gruppe führte eine Reihe dynamischer Dehnungsübungen für die unteren Extremitäten durch. Es sollten aber die gleichen Muskelgruppen beansprucht werden wie beim statischen Dehnen. Jede Bewegung wurde 20-mal wiederholt.

Die ASST-Gruppe vollzog ein aktives Dehnen. Dabei wurde der Agonist kontrahiert, so dass der Antagonist gedehnt wurde. Die Dehnungsübungen waren die gleichen wie bei der PSS-Gruppe und wurden auch für 20 Sekunden pro Muskelgruppe gehalten.

Die SDS-Gruppe hatte die gleichen Bewegungen wie die ADS-Gruppe. Die Übungen wurden mit 20 Wiederholungen pro Bein festgelegt (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888).

Tab. 5: Pre- und Postsprintzeiten

Group	Mean difference (sec)	Mean prestretch (sec)	Mean poststretch (sec)
PSS (<i>n</i> = 28)	3.23* $\pm$ 0.17	3.27* $\pm$ 0.17	0.04
ADS (<i>n</i> = 22)	3.24* $\pm$ 0.2	3.18* $\pm$ 0.18	-0.06
ASST (<i>n</i> = 24)	3.24* $\pm$ 0.18	3.29* $\pm$ 0.2	0.05
SDS (<i>n</i> = 23)	3.25 $\pm$ 0.22	3.22 $\pm$ 0.21	-0.03

* Denotes significant differences before and after stretch intervention ($p \leq 0.05$).
PSS (passive static stretch)
ADS (active dynamic stretch)
ASST (active static stretch)
SDS (static dynamic stretch)

Quelle: mod. nach Fletcher und Jones (2004, S. 886)

Ergebnis

Die wichtigste Erkenntnis aus dieser Studie war, dass es nach aktivem dynamischem Dehnen zu deutlich schnelleren Sprintzeiten kam, als wenn aktiv statisch oder passiv gedehnt wurde (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888).

Die Abnahme der Leistung durch den Einsatz von statischem passivem Dehnen lieferte eine Reihe von Studien. *Knudson et al. 2001* vermuteten, dass der Rückgang der vertikalen Sprungleistung als ein Ergebnis einer Abnahme der neuronalen Übermittlung bzw. Übertragung zu sehen ist, da sie keine Veränderungen in der Kinematik der Bewegung feststellen konnten. Sie kamen zu dem Schluss, dass durch die akute neuronale Hemmung von passivem Stretching die neuronale Übertragung zum Muskel hin sank (Knudson et al., 2001, S. 98-101).

Kubo et al. 2001 wiesen darauf hin, dass es durch passives Stretching zu einer Änderung der Sehnenstruktur kam, dies wiederum führte zu einem geringen Kraftpotential und zu einem verzögerten Einsatz der Muskel-Aktivierung.

Diese Änderung in der Muskelsteifheit bzw. Spannung ist wichtig. *Kokkonen et al. 1998* argumentierten, dass eine vorgespannte Muskel-Sehnen-Einheit (MTU) mehr Kraft entwickeln kann als eine entspannte. Weiters können die Kräfte besser übertragen werden.

Rosenbaum und Hennig 1995 und *Avela et al. 1999* unterstützten dieses Argument, da sie einen Rückgang der elektromyographischen (EMG) Erregung der Muskulatur nach einem passiven Dehnen feststellen konnten.

Allerdings beschäftigten sich diese Studien vor der konzentrischen Kontraktion mit sehr langsamen, exzentrischen Komponenten oder gar keinen. Weiters untersuchte keine der Studien die Laufleistung in Bezug auf die negativen Auswirkungen von statischem Stretching. Sie fanden heraus, dass es zu einer Abnahme in der Muskelaktivierung gekommen war. Die wiederum zur Folge hatte, dass es zu einer Verringerung der MTU-Vorspannung kam. Diese Komponente ist genauso wichtig für eine erfolgreiche Sprintleistung (*Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481-490; Avela et al., 1999, S. 1283-1291*).

Die Forscher kamen zu dem Schluss, dass passive Dehnung hauptsächlich die exzentrische Phase der Bewegung negativ beeinflusst, da es zu einer Verschlechterung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus kommt (*Young und Elliot, 2001, S. 273-279*).

Cornwell et al. 2001 beschrieben eine Abnahme der Counter-Movement-Sprungleistung durch passives Dehnen, vor allem durch eine verminderte Fähigkeit der MTU, elastische Energie zu speichern. Interessant ist, dass die Höhe der gespeicherten elastischen Energie vor allem von der Vorspannung bzw. Steife der MTU abhängig ist (*Wilson et al., 1991, S. 403-407; Shorten, 1987, S. 1-18; Ingen, 1984, 301-336*).

Der Grund, dass sich aktives dynamisches Dehnen positiv auf Leistung auswirken kann ist, dass es zu einem stärkeren Anstieg der Körperkerntemperatur kommt. Erhöhungen der Kerntemperatur haben gezeigt, dass es zu einem Anstieg der Empfindlichkeit der Nervrezeptoren und zu einem Anstieg der Nervenimpulsgeschwindigkeit kommt. Dies wiederum fördert die Muskelkontraktion, die Bewegungen werden schneller und kraftvoller. Ein weiterer positiver Effekt des aktiven dynamischen Dehnens ist, dass durch die sportartspezifischen Bewegungen die propriozeptive Ansteuerung aktiviert wird. Dies ermöglicht einen raschen Wechsel von exzentrischer zu konzentrischer Kontraktion, was wiederum zu einer erhöhten Sprintgeschwindigkeit führt (*Shellock und Prentice, 1985, S. 267-278*).

Avela et al. 1999 beobachteten den Rückgang der Motoneuron Erregbarkeit nach einem passiven Dehnungsprogramm durch eine Reduzierung des H-Reflexes.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse aus der beschriebenen Studie von *Fletcher und Jones 2004* darauf hindeuten, dass sich statisches Dehnen (aktiv oder passiv) negativ auf die 20-m-Sprintzeit auswirkt (*Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888*).

Anwendung im Sport

Trainerinnen und Trainer, aber auch Sportlerinnen und Sportler müssen sich bewusst sein, dass es durch passives und aktives statisches Dehnen zu einer Verschlechterung der Sprintzeiten kommt. Hingegen kann man die Sprintleistung durch ein aktives dynamisches Dehnen verbessern (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888).

8.8 THE EFFECT OF STATIC STRETCHING ON PHASES OF SPRINT PERFORMANCE IN ELITE SOCCER PLAYERS

ADAM L. SAYERS, RICHARD S. FARLEY, DANA K. FULLER, COLBY B. JUBENVILLE,
AND JENNIFER L. CAPUTO

Beschreibung

Die Hypothese bei dieser Studie war, dass es nach statischem Dehnen zu einem Anstieg der 30-m-Sprintzeiten gegenüber einem „nicht Dehnen“ kommt.

Bei dieser Studie wurden 20 Probandinnen getestet. Für die „nicht Dehnen“ Gruppe wurden ein Standard Aufwärmprogramm und anschließend drei 30-m-Sprints durchgeführt. Der erste Sprint wurde nicht gewertet, die beste Zeit der nächsten zwei Sprints wurde für die Analyse herangezogen. Der Sprint wurde in 2 Phasen aufgeteilt. Die Beschleunigungsphase wurde anhand der ersten 10 m, die maximale Geschwindigkeit anhand der letzten 20 m gemessen.

Die Zeitmessung wurde mittels Lichtschranken realisiert. Die Sportlerinnen mussten den vorderen Fuß auf eine Druckplatte stellen, damit die Zeitkontrolle gestartet werden konnte.

Bevor die Teilnehmerinnen ein Stretchingprogramm und die 30-m-Sprints durchführten, vollzogen sie noch leichte Mobilitäts- und Aufwärmübungen, wie sie auch *Nelson et. al 2005* verwendeten. Zwischen dem Aufwärmen und dem ersten Sprint gab es eine Pause von 10 bis 50 Sekunden. Der erste Sprint wurde nicht gewertet. Zwischen den folgenden zwei Sprints gab es eine 2-Minuten-Pause, die auch von *Fletcher und Jones 2004* in ihren Studien verwendet wurde.

Die beste Zeit der beiden Sprints wurde für die Analyse verwendet. Die statische Dehnungsgruppe vollzog vor den Sprints noch ein statisches Dehnungsprogramm für die unteren Extremitäten. Die Dehnungsposition wurde für 30 Sekunden gehalten, zwischen den Dehnungsphasen gab es eine Pause von 10 bis 20 Sekunden (Sayers et al., 2008, S. 1416-1421).

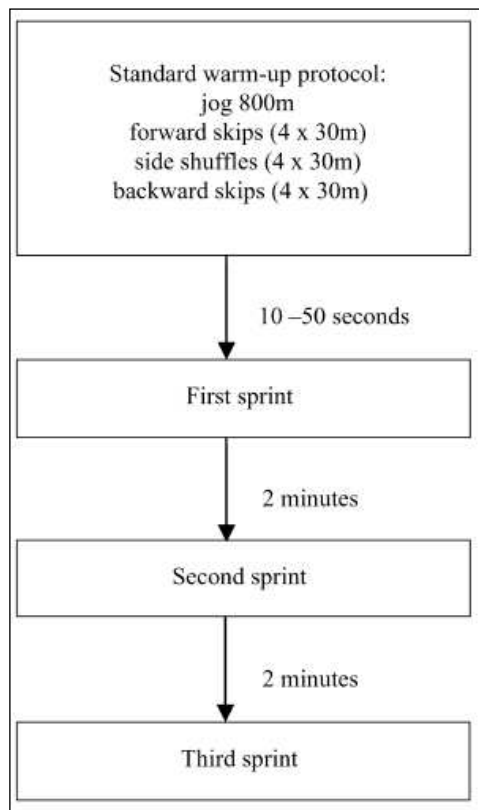


Abb. 17: Zeitplan für die „nicht Stretching“ Testung
(vgl. Sayers et al., 2008, S. 1418)

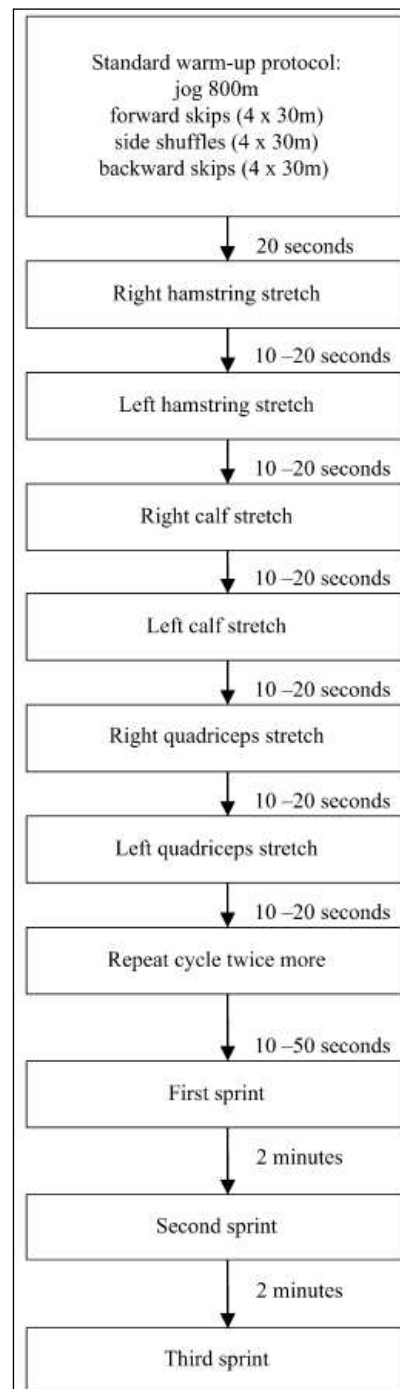


Abb. 18: Zeitplan für die „ statisches Stretching“ Testung
(vgl. Sayers et al., 2008, S. 1418)

Ergebnis

Statisches Dehnen beeinflusst die Sprint-Performance negativ. Nach statischem Dehnen kommt es zu einem Anstieg der 30-m-Sprintzeit bei weiblichen Fußballspielerinnen im Gegensatz zu keinem Stretching.

Diese Aussage wurde auch durch die Arbeiten von *Fletcher und Jones 2004* und *Nelson et al. 2005* unterstützt, die Rugbyspieler und Leichtathleten untersuchten.

Ein statisches Dehnen hatte negativen Einfluss die auf Beschleunigung. Außerdem wurde ein signifikanter Unterschied in der maximalen Geschwindigkeit zwischen Dehnen und nicht Dehnen festgestellt. Mechanische (Peripherie-) und neurologische (Zentral-) Mechanismen könnten die Ursache für diesen Effekt sein (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888; Nelson et al., 2005, 338-343).

Fletcher und Jones 2004 zeigten auf, dass sich durch statisches Dehnen vor allem die exzentrische Phase des Dehnungs-Verkürzungszyklus verändert. Normalerweise wird in der exzentrischen Phase Energie in den serienelastischen Komponenten (SEC) gespeichert, die dann in der konzentrischen Phase frei wird. Nach statischem Dehnen kommt es zu einer Dehnung bzw. Längenveränderung der serienelastischen Komponente (SEC) und dieser Effekt bringt mit sich, dass in der exzentrischen Phase weniger Energie gespeichert werden kann (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888).

Shorten 1978 berichtete von einem weiteren Effekt, weswegen weniger elastische Energie gespeichert werden kann. Durch statisches Dehnen verringert sich die Spannung der Muskel-Sehneneinheit und ein geringeres Maß an elastischer Energie kann wieder verwendet werden (Shorten, 1987, S. 1-18).

Neurologisch wird vermutet, dass es durch statisches Dehnen zu einer Abnahme der neuronalen Übertragung von ZNS zu der Muskulatur kommt. Das Phänomen wird als neuronale Hemmung bezeichnet (Kubo et al., 2001, S. 520-527; Nelson et al., 2005, 338-343; Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481-490).

Nelson et al. 2005 stellten fest, dass durch statisches Dehnen einige der verfügbaren motorischen Einheiten in einen Müdigkeitszustand verfallen und dadurch weniger motorische Einheiten zu Verfügung stehen. Dies führt zu einer früher eintretenden Müdigkeit und somit zu einem Rückgang der Leistung (Nelson et al., 2005, 338-343). Jedoch weiß man nicht, ob ein 30-m-Sprint lang genug ist, dass dieser Mechanismus werden berücksichtigen muss.

Der größte Unterschied in der Sprintleistung zwischen Dehnen und nicht Dehnen waren 0,39 Sekunden und die mittlere Differenz betrug 0,1 Sekunden. Bei einem Sprint, der 4-5 Sekunden dauert, kann so ein Unterschied über Sieg oder Niederlage entscheiden (Sayers et al., 2008, S. 1416-1421).

Anwendung im Sport

Statisches Dehnen sollte vor einer sportlichen Belastung vermieden werden, damit es zu keinen Leistungseinbußen kommt (Sayers et al., 2008, S. 1416-1421).

8.9 THE EFFECTS OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION AND DYNAMIC STRETCHING TECHNIQUES ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE

BRYAN K. CHRISTENSEN AND BRAD J. NORDSTROM

Beschreibung

An dieser Studie nahmen insgesamt 68 NCAA Division I Athletinnen und Athleten der North Dakota State University teil.

Die experimentelle Herangehensweise an das Problem war folgendermaßen: Die Probandinnen und Probanden wurden randomisiert in 3 Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe vollzog ein 600-m-Jogging, die zweite Gruppe ein 600-m-Jogging gefolgt von einem dynamische Stretching und die dritte Gruppe machte ebenfalls ein 600-m-Jogging gefolgt von einer propriozeptive neuromuskuläre Fazilation (PNF).

Der Vertikal-Jump wurde auf einer Kraftmessplatte getestet (Just Jump System).

Die Probanden wurden für die Testungen in 6 Gruppen eingeteilt, damit nicht zu viele Personen bei den Stationen waren (Christensen und Nordstrom, 2008, S. 1826-1831).

Tab. 6: *Unterschiedliche Reihenfolge des Aufwärmens*

Group	Day 1	Day 2	Day 3
1	600-m jog only	Dynamic	PNF
2	600-m jog only	PNF	Dynamic
3	Dynamic	600-m jog only	PNF
4	Dynamic	PNF	600-m jog only
5	PNF	600-m jog only	Dynamic
6	PNF	Dynamic	600-m jog only

The warm-ups included a 600-m jog only, a 600-m jog followed by a dynamic warm-up, and a 600-m jog followed by proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching. All the subjects completed all 3 warm-up methods in random order.

Quelle: mod. nach Christensen und Nordstrom (2008, S. 1828)

Jede Probandin und jeder Proband hatte maximal 3 Versuche für den Vertikal-Jump. Die vertikalen Sprünge wurden ca. 2 Minuten nach dem Aufwärmen durchgeführt, weiters wurden alle 3 Sprünge innerhalb von 5 bis 6 Minuten durchgeführt. Die vertikale Sprunghöhe wurde mittels Counter-Movement-Sprung getestet. Die Probandinnen und Probanden senkten ihre Hüften und mussten explosionsartig in die Höhe springen, hierbei wurde der Dehnungs-Verkürzungszyklus optimal ausgenutzt. Die Personen hatten zwischen den einzelnen Sprüngen eine Erholungszeit von 45 Sekunden. Die Probandinnen und Probanden konnten somit nach jedem Sprung ihre maximale Leistung abrufen.

Das PNF-Stretching wurde mittels contract-relax PNF-Methode realisiert. Das contract-relax-Stretching wurde wie folgt durchgeführt: Die Probandinnen und Probanden wurden einem Partner zugeteilt. Die Probandin und der Proband mussten die zu dehnende Muskelgruppe für 2 Sekunden anspannen, dann wurde diese Muskelgruppe vom Partner für 5 Sekunden passiv gedehnt. Dieses Prozedere wurde 3-mal wiederholt.

Das dynamische Aufwärmen bestand aus 8 Übungen mit je 5 Wiederholungen pro Bein. Jede Übung wurde 2-mal wiederholt (Christensen und Nordstrom, 2008, S. 1826-1831).

Tab. 7: Das Aufwärmprogramm

600-m jog only	Dynamic	PNF
3 laps around a 200-m track	3 laps on a 200-m track Skipping for height Walking lunges Side shuffling Short-step carioca, low Carioca high knee action Backward run High knee running Butt kickers	3 laps around a 200-m track Hamstring stretch Quadriceps stretch Hip adductor stretch Calf stretch
The order of each activity in each warm-up is listed from top to bottom. PNF = proprioceptive neuromuscular facilitation.		

Quelle: mod. nach Christensen und Nordstrom (2008, S. 1829)

Ergebnis

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass es keine signifikanten Unterschiede nach den drei verschiedenen Aufwärmverfahren bezüglich der vertikalen Sprunghöhe gab.

Tab. 8: Resultate der vertikalen Sprunghöhe

Gender	600-m jog only (SD)	Dynamic (SD)	PNF (SD)
Combined data	60.20 (12.12)	60.26 (11.92)	60.16 (12.04)
Men only	69.38 (8.17)	69.48 (7.31)	69.24 (7.80)
Women only	49.88 (5.84)	49.87 (6.07)	49.94 (6.40)
Results are in centimeters. The 600-m jog only and dynamic and proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) are the warm-up routines being evaluated.			

Quelle: mod. nach Christensen und Nordstrom (2008, S. 1829)

Ein gut gedehnter Muskel hilft einerseits Verletzungen zu vermeiden, andererseits kommt es zu einer Verminderung der Muskelkraft und der Power. *Church et al. 2001* stellten fest, dass ein PNF-Steretching zu einem signifikanten Rückgang der vertikalen Sprungleistung führte. Die Ergebnisse aus dieser Studie widersprechen den Ergebnissen von *Church et al. 2001*, die eine Studie im Hinblick auf die Auswirkungen des PNF-Stretching auf die vertikale Sprungleistung durchführten (Church et al., 2001, S. 332-336).

Young und Elliot 2001 untersuchten die Auswirkungen des statischen Stretchings, PNF und „maximum voluntary contraction“ auf die Explosivkraftproduktion und die Sprungleistung.

Sie fanden eine signifikante Reduktion der Drop-Jump-Leistung nach statischem Stretching, jedoch ergaben auch die anderen Methoden des Stretchings keinen signifikanten Einfluss auf die Sprungleistung (Young und Elliot, 2001, S. 273-279).

Young und Elliot 2001 testeten die Wirkung von 4 Warm-Up-Programmen hinsichtlich der Sprunghöhe bei einem Squat-Jump. Statische Dehnung führte zur schlechtesten Squat-Jump-Leistung. Jedoch fand die Studie keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich eines PNF-Stretching und einer „maximum voluntary contraction“ bezogen auf die Squat-Jump-Höhe. *Marek et al 2005* stellten fest, dass es bei beiden Dehnungsvarianten, PNF und statischem Dehnen, zu einem leichten Rückgang der Kraft und Power kam. *Marek et al. 2005* benutzten ein längeres PNF-Stretching Programm. Das längere Dehnungsprogramm führte zu einem größeren Rückgang der Muskelspannung, was wiederum zu einer Hemmung der Muskelspindeln führte, wodurch es zu einer Abnahme der sportlichen Leistung kam (Marek et al., 2005, 94-103).

Die Mehrheit der Studien stellte fest, dass die Erhöhung der Muskeltemperatur durch eine passive oder aktive Methode die Kraftleistung verbessern konnte, die Ausdauer dadurch aber nicht betroffen war (Bergh und Ebklom, 1978, S. 22-37; Nelson et al., 2005, 338-343; Sargeant, 1978, S. 693-698; Stewart et al., 2003, S. 509-514).

Die beschriebene Studie von *Christensen und Nordstrom 2008* ergab keine signifikanten Unterschiede in der vertikalen Sprungleistung nach den drei verschiedenen Aufwärmverfahren.

Weiters zeigte diese Studie auch keine signifikanten, geschlechtsspezifischen Unterschiede in der vertikalen Sprungleistung nach den drei verschiedenen Aufwärmmethoden (Christensen und Nordstrom, 2008, S. 1826-1831).

Anwendung im Sport

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die Athletinnen und Athleten, die ein Jogging-Warm-Up, ein dynamisches Warm-Up oder ein PNF-Warm-Up durchgeführt hatten, darauf vertrauen konnten, dass die unterschiedlichen Aufwärmverfahren kaum oder gar keine Auswirkungen auf ihre vertikale Sprungleistung brachten. In dieser Studie wurde das Aufwärmen innerhalb von 5 bis 6 Minuten durchgeführt. Obwohl die Aufwärmverfahren kurz vor dem Wettbewerb durchgeführt wurden, gab es zwischen den einzelnen Aufwärmmethoden keinen wesentlichen Unterschied (Christensen und Nordstrom, 2008, S. 1826-1831).

9. Ergebnisse der Untersuchung

9.1 Einleitung

Das American College of Sports Medicine (ACSM) 2000 sowie die National Strength and Conditioning Association (NSCA) 2000 geben folgende Empfehlungen, wie ein effektives Aufwärmprogramm auszusehen hat. Einem allgemeinen Warm-Up, bestehend aus aeroben Übungen, die entweder auf einem Fahrrad oder einem Laufband durchgeführt werden, sollen mehr sportartspezifische Bewegungen folgen, die vor einer körperlichen Leistung durchgeführt werden (Jaggers et al., 2008, S. 1844).

Für das Aufwärmen wird ein leichtes Stretching empfohlen, das aus statischen Übungen für alle wichtigen Muskelgruppen besteht, die für 30 Sekunden gehalten werden. Ganz allgemein dient ein Aufwärmprogramm der Erhöhung der Kerntemperatur und des Blutflusses, außerdem wird der Körper auf die sportliche Leistung vorbereitet (Holcomb, 2000, S. 321-324).

Fletcher und Jones 2007 definieren dynamisches Dehnen als „kontrollierte Bewegung durch den vollen aktiven Bewegungsradius jedes Gelenks“.

Aufwärmen ist ein wichtiger Bestandteil der sportlichen Aktivität, denn ein richtig durchgeführtes Aufwärmen verbessert die Leistung und senkt möglicherweise das Risiko von Verletzungen (Bishop, 2003, S. 439-454). Es ist eine beliebte Variante beim Aufwärmen folgende Schwerpunkte zu setzen: ein allgemeines, moderates Ausdauerprogramm und Stretchingübungen. Flexibilität ist ein wichtiger Bestandteil der körperlichen Fitness. Es wird allgemein vermutet, dass es mit zunehmender Flexibilität zu einer verbesserten Leistung und zur Verringerung der Verletzungshäufigkeiten kommt. Es gibt verschiedene Stretchingtechniken z.B. statisches und ballistisches Dehnen, propriozeptive neuromuskuläre Facilitation (PNF) und dynamisches Dehnen.

Statisches Dehnen ist weit verbreitet, weil es einfach und sicher durchzuführen ist. Das statische Dehnen ist eine Technik, die in vielen Aufwärmprogrammen verwendet wird, da allgemein bekannt ist, dass statisches Dehnen die Bewegungsamplitude in den Gelenken erhöht, der Athlet flexibler wird bzw. besser gedehnt ist (Cross und Worell, 1999, S. 11-14; Magnuson et al., 1995, S.323-328).

Neueste Studien ergaben jedoch, dass sich statisches Dehnen negativ auf die sportliche Leistung auswirken kann (Cornwell et al. 2001, S. 307-324; Fowles et al. 2000, S. 1179-1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415).

Dieses Phänomen der Leistungsminderung wird mit drei wesentlichen Vorgängen in Zusammenhang gebracht. Nach statischem Dehnen kommt es zu einer Spannungsabnahme der Muskel-Sehnen-Einheit (MTU), zu verminderter Muskelkraft und zu einer Verzögerung bei der Muskelaktivierung (Wilson et al., 1991, S. 403–407, Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481–490). Der Grund dafür ist, dass es zu einer Erschlaffung der Sehne kommt. Um Muskelkraft übertragen zu können muss sie erst wieder in einen Spannungszustand gebracht werden, was Zeit in Anspruch nimmt. Weiters kommt es zu einer ineffizienten Kraftübertragung zwischen dem Muskel und dem Hebel (Wilson et al., 1991, S. 403–407, Kokkonen und Cornwell, 1998, S. 411–415).

Eine andere Theorie geht davon aus, dass es nach statischem Dehnen zu einer akuten neuronalen Hemmung kommt. Dieser Effekt führt zu einer autogenen Hemmung in der Muskulatur, die neuronale Leitfähigkeit und die Muskelaktivierung werden negativ beeinflusst (Avela et al., 1999, S. 1283–1291; Guissard et al., 1988, S. 47–52; Vjunovich und Dawson, 1994, S. 145–153; Cramer et al., 2004, S. 530–539; Knudson et al., 2001, S. 98–101; Kubo et al., 2001, S. 520–527; Rosenbaum und Hennig, 1995, S. 481–490).

Daher richten sich die neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse gegen ein statisches Dehnen im Sport. Viele Wissenschaftler schlagen vor, das statische Dehnen bei jenen Sportarten, die auf Kraft und Explosivität angewiesen sind, aus den Aufwärmprogrammen zu streichen (Kokkonen et al., 1998, S. 411-415; Cornwell et al., 2001, S.307-324).

Dynamisches Dehnen ist eine andere Form von Aufwärmen, die immer beliebter im Leistungssport wird. Neueste Studien fanden heraus, dass sich die konzentrische Kontraktion, die Sprintleistung und die Hochsprungleistung durch dynamisches Dehnen verbessern (Behm et al., 2001, S. 261–272; Evetovich et al., 2003, S. 484-488; Fowles et al., 2000, S. 1179–1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411-415; Young und Behm, 2003, S. 21-27; Cornwell et al., 2001, S.307-324; Cornwell et al., 2002, S. 428-434).

Yamaguchi und Ishii 2005 zeigten auf, dass in den unterschiedlichsten Studien die einzelnen Muskelgruppen zwischen 100 Sekunden und 30 Minuten statisch gedehnt wurden, worauf sich die Muskelleistung bei der sportlichen Betätigung verringerte. Außerdem wurde berichtet, dass sich die Auswirkungen auf die Flexibilität bei statischem Stretching über 20 bis 30 Sekunden oder über einen längeren Zeitraum nicht unterscheiden.

Auf dieser Grundlage wurde die Zeitperiode für das Dehnen beim Aufwärmen auf 30 Sekunden festgelegt.

In früheren Studien wurde angenommen, dass die Leistungsver schlechterung nach statischem Dehnen sowohl durch neurologische, als auch durch mechanische Veränderungen hervorgerufen wurde (Behm et al., 2001, S. 261–272; Evetovich et al., 2003, S. 484–488; Fowles et al., 2000, S. 1179–1188; Kokkonen et al., 1998, S. 411–415; Young und Behm, 2003, S. 21–27; Young und Elliott, 2001, S. 273–279). Neurologische Veränderungen, d. h. Verringerung der neuromuskulären Aktivität während eines statischen Stretchings von 30 Sekunden treten auf, sind aber unmittelbar nach dem Dehnen wieder verschwunden (Guissard et al., 1988, S. 47–52).

Die mechanischen Veränderungen, d.h. die Abnahme der viskoelastischen Eigenschaften der Muskel-Sehnen Struktur während eines statischen Stretchings von 30 Sekunden sind auch nur auf ca. 30–45 Sekunden nach dem statischen Stretching begrenzt, bis sich die Viskoelastizität der Muskel-Sehnen Struktur wieder erholt hat (Magnusson et al. 2000, 1160–1164).

Aus diesem Grund sollte es nach einem statischen Dehnen für 30 Sekunden zu keinem muskulären Leistungsabfall kommen, bei 100 Sekunden bis 30 Minuten kann es durchaus vorkommen, dass die muskuläre Leistung verschlechtert wird. Diese Zeitspanne ist aber eindeutig zu lange, um sie als relevant für ein Aufwärmprogramm zu erachten (Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677–683). Es stellte sich heraus, dass passives Stretching die Muskelspannung reduziert, was wiederum zur Folge hat, dass die kontraktile Filamente eine suboptimale Länge für die Entwicklung der maximalen Spannung haben. Darüber hinaus kann es zu Signalen von neuronalen Strukturen kommen, die veranlassen, dass die Muskelspindeln ihre Arbeit verlangsamen, wodurch sich die Zahl der Muskelfasern, die anschließend aktiviert werden, verringert (Beedle et al., 2008, S. 1838–1843).

Fast alle Studien zeigten, dass es zu einem erheblichen Rückgang der maximalen Kraft durch langes und intensives Stretching kam.

Junge und Behm 2003 stellten einen Anstieg der Sprunghöhe, Verringerung der Kontaktzeiten und Spitzenkräfte (Drop-Jump und Counter-Movement-Jump) nach dynamischem Dehnen gegenüber dem statischen Dehnen fest. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen *Stewart et al. 2003* und *Trimble und Harfe 1988*.

Nelson et al. 2005 fanden heraus, dass sich statisches Dehnen negativ auf die 20-m-Sprintleistung von Leichtathletinnen und Leichtathleten auswirkte. Grund dafür war vor allem die verminderte Spannung der Muskel-Sehnen-Einheit.

Fletcher et al. 2004 stellten einen ähnlichen Zusammenhang zwischen statischem Dehnen und der Sprintleistung bei männlichen Rugbyspielern fest.

Weitere Untersuchungen bestätigten, dass statisches Dehnen eine negative Wirkung auf die Leistung bei explosiven Sportarten hatte. *Siatras et al. 2003* fanden eine signifikante Abnahme der Sprintgeschwindigkeit nach einem statischen Dehnungsprogramm heraus. Sie konnten, aber im Vergleich zum Aufwärmen ohne Dehnen, keine Veränderung der Geschwindigkeit nach dynamischem Dehnen feststellen.

Yamaguchi und Ishii 2005 fanden heraus, dass dynamisches Stretching die Beinsteckerkraft bei gesunden männlichen Collegestudenten signifikant erhöhte.

Little und Williams 2006 zeigten aber auf, dass sowohl nach statischem als auch nach dynamischem Stretching eine Verbesserung der Sprintleistung möglich war. Der Test bestand aus einem 10-m-Sprint und einem fliegenden 20-m-Sprint. In dieser Studie wurden jedoch die Beschleunigung und die maximale Geschwindigkeit als zwei getrennte Komponenten gemessen und nicht als ein kontinuierlicher Sprint.

Young und Elliot 2001 untersuchten die Auswirkungen des statischen Dehnens und der propriozeptiven neuromuskulären Fascilation (PNF) hinsichtlich der maximalen freiwilligen Kontraktion (MVC) auf die Explosivkraft und die Sprungleistung. Die Ergebnisse der Studie zeigten eine deutliche Verringerung der Drop-Jump Leistung nach statischem Dehnen im Vergleich zu den anderen Aufwärmverfahren.

Power 2004 und Kollegen untersuchten die Auswirkungen des statischen Dehnens auf die freiwillige maximale Kraft (MVC) Produktion und Muskel-Inaktivierung. Diese Effekte wurden mittels „interpolated twitch technique“ (ITT) und Sprungleistung gemessen.

Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Verminderung von 9,5 % und 5,4% in der MVC des Quadrizeps und des ITT. Obwohl ein deutlicher Rückgang der MVC auftrat, hatte dieser Effekt keine nachteiligen Auswirkungen auf die Sprungleistung (Power et al. 1389–1396, 2004).

In einer aktuellen Studie von *Wallmann et al. 2008* wurden die Auswirkungen von dynamischem Dehnen und eine Kombination von dynamischem Dehnen und statischem Dehnen auf die vertikale Sprunghöhe und elektromyographische (EMG) Aktivität des M. gastrocnemius gemessen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler berichteten von keinen signifikanten Unterschieden in der vertikalen Sprunghöhe und in der EMG-Aktivität. Jedoch wurde nur eine Muskel-Gruppe (gastrocnemius) gedehnt, in der Sportpraxis werden typischerweise mehrere Dehnungsübungen ausgeführt. Darüber hinaus wurden in dieser

Studie ungeübte Personen getestet, weshalb die Ergebnisse nicht vollständig auf die sportliche Bevölkerung umgelegt werden können (Wallmann et al., 2008, S. 787–793).

Allerdings ist die Wirkung des dynamischen Dehnens auf die Muskelleistung noch nicht ganz aufgeklärt.

Ein Effekt des dynamischen Stretchings könnte die verbesserte Erhöhung der Muskeltemperatur durch die aktive rhythmische Anspannung und Dehnung der Muskulatur sein. Durch eine erhöhte Muskeltemperatur kommt es zu einer verbesserten ATPase-Aktivität, das wiederum erhöht die „cross-bridge cycling“ Rate (Bergh und Ekblom, 1987, S. 33–37; Stein et al., 1982, 97–107).

Dynamisches Dehnen kann auch zu einer postaktivierten Potenzierung führen, die vorübergehend eine Verbesserung der muskulären Leistungsfähigkeit mit sich bringt.

Boyle 2004 berichtete, dass es durch dynamisches Dehnen zu einer Verbesserung des konzentrischen und exzentrischen Spitzendrehmomentes im M. quadriceps kam. Gegenteiliges wurde berichtet, wenn statisch gedehnt wurde. Dynamisches Dehnen erhöht das Verletzungsrisiko nicht, ganz im Gegenteil wird das Risiko gesenkt, da die Bewegungen ähnlich der eigentlichen sportlichen Belastung sind. Weitere Studien berichteten, dass es durch statisches Dehnen zu einem Rückgang der M. quadriceps und Beinbiceps-Kraft kommt. Andere Muskelgruppen müssen noch untersucht werden, ob sich das Dehnen ähnlich auswirkt (Beedle et al, 2008, S. 1838).

Ein Nachteil des dynamischen Dehnens könnte sein, dass sich die Athletin oder der Athlet durch diese Art des Aufwärmens verausgabt und ein gewisses Maß an Müdigkeit auftritt, was sich wiederum negativ auf die sportliche Leistung auswirken könnte (Edwards et al., 1972, S. 335-352; Sargeant et al., 1987, S. 693-698).

Das Ziel der Studie dieser Magisterarbeit besteht darin, die Auswirkungen des statischen Dehnens für 30 Sekunden und eines dynamischen Dehnens auf die Muskelleistung hinsichtlich eines Counter-Movement-Jumps, einer 10-Yards und einer 40-Yards-Sprintzeit zu untersuchen.

9.2 Methode

Die Probanden wurden im Zuge ihres Montag- und Mittwochtrainings vor jeglicher körperlichen Aktivität getestet. Jeder Proband musste zwei Testungen vollziehen, mit 4 bis 7

Tagen Pause nach jedem Testtag. Die Teilnehmer wurden, durch den Testleiter im Cross-Over Design randomisiert einer der beiden Gruppen, die statisch oder dynamisch dehnten, zugeteilt. Jede Gruppe machte vor dem Dehnen ein 10-Minuten-Jog-Warm-Up. Im Anschluss vollzog die dynamische Dehnungsgruppe ein dynamisches Aufwärmen und die statische Dehnungsgruppe ein statisches Dehnen mit einer Belastungszeit von 2 mal 30 Sekunden pro Dehnungsübung. Nach dem Dehnen hatten die Probanden eine 2-Minuten-Ruhepause, bis sie den ersten Counter- Movement-Jump vollzogen. Der Vertikal-Jump ist weithin als ein Prüfverfahren der maximalen Beinkraft anerkannt. Man findet diese Art von Bewegung in vielen Sportarten wie Basketball, Volleyball und American Football.

Bei der Durchführung des Sprungs werden die Hände in die Hüfte gelegt, um unter Ausnützung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus einen maximalen Sprung zu vollziehen. Die Probanden hatten drei Versuche und der beste Sprung wurde gewertet. Die Sprunghöhe wurde mittels einer Kraftmessplatte (Fitronic-Kraftmessplatte) gemessen. Im Anschluss wurden drei Sprintzeiten gemessen, wobei wiederum die besten Zeiten gewertet wurden. Die Sprints wurden auf einem Kunststoffgranulatbelag im Freien durchgeführt. Die Messung erfolgte mittels Lichtschranken (Brower Timing System), die am Start, nach 10 Yards (9,2 m) und nach 40 Yards (36,6 m) platziert wurden. Am Start befanden sich die Lichtschranken auf Schienbeinhöhe, auf den anderen zwei Positionen auf Hüfthöhe. Der Start erfolgte aus einem Dreipunktstand.

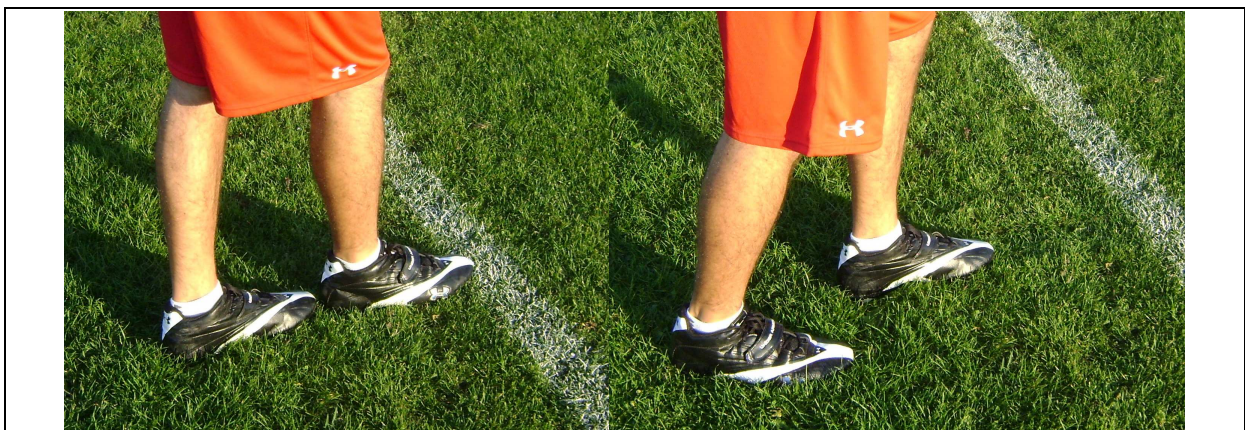


Abb. 19: *Dreipunktstand – Startvorbereitung*



Abb. 20: Dreipunktstand – Startvorbereitung

9.3 Probanden

Bei den Probanden handelte es sich um Division I American Footballspieler der Lower Austrian Titans. Dieses Footballteam hatte in dem Spieljahr 2009 eine perfekte Saison (8-0) und wurde österreichischer Staatsmeister in der Division II. Mit diesem Sieg hatten die LA Titans das Privileg das letzte Team in der Division I in einem Relegationsspiel (Spiel um den Aufstieg in die Division I) herauszufordern. Dieses Spiel wurde auch gewonnen und ein Aufstieg in die Division I ermöglicht. Es wurden 20 Männer (Alter = $24,5 \pm 5,8$ Jahre, Größe = $180,95 \pm 6,7$ cm, Gewicht = $91,95 \pm 18,5$ kg) der unterschiedlichsten Spielerpositionen getestet (Quarter Back, Lineman, Runningback, Wide Receiver, Linebacker, Defensive Back). Die Probanden wurden ausführlich über die Testungen informiert und jeder Proband gab sein schriftliches und mündliches Einverständnis an der Teilnahme der Testung. Die Probanden wurden erst nach Beendigung der Studie über ihre Ergebnisse informiert.

9.4 Testaufbau

Es war wichtig, dass die Probanden keine körperlich anstrengende Tätigkeit der unteren Extremitäten innerhalb der letzten 24 Stunden vor der Testung vollzogen, darauf wurde ausdrücklich hingewiesen.

Die Probanden wurden im Cross-Over Design in 2 randomisierte Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe dehnte dynamische, die andere Gruppe statisch. Nach einer Woche wurde gewechselt. Jede Gruppe machte vor dem Dehnen ein 10-Minuten-Jog-Warm-Up.

Das statische Stretchingprotokoll war wie folgt aufgebaut. Das Dehnungsprogramm bestand aus sechs statischen Dehnungsübungen. Jede Dehnungsübung wurde 2-mal pro Seite für 30 Sekunden unter leichten Schmerzen bzw. Unwohlsein gehalten. Die Probanden hatten jeweils 10 Sekunden Zeit um die Position zu wechseln. Die Nettodehndauer (ohne 10 Sekunden Pausen) betrug 12 Minuten.

9.4.1 Statische Dehnungsübungen:

- *Musculus quadriceps femoris*

Der Proband begibt sich auf den Boden und bringt seinen Körper in eine Seitenlage. Nun wird der Fuß auf Höhe des Knöchels gefasst und die Ferse unter Zug des *Musculus quadriceps femoris* zum Gesäß gebracht. In der Hüfte kommt es zu einer Extension.

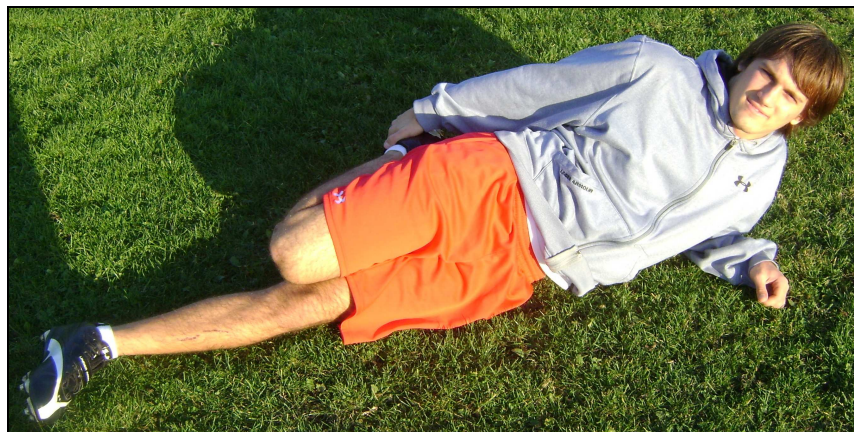


Abb. 21: *M. quadriceps* dehnen

- Ischiocrurale Muskulatur

Der Proband kniet auf dem Boden und streckt das zu dehnende Bein nach vorne weg, so dass die Ferse am Boden aufliegt. Nun wird im Kniegelenk eine Extension und im Sprunggelenk eine Dorsalflexion durchgeführt. Um die Intensität noch zu erhöhen, kann zusätzlich der Oberkörper nach vorne gebeugt werden.



Abb. 22: Ischiocrurale Muskulatur dehnen

- Musculus triceps surae

Der Proband befindet sich in einer Liegestütz Ausgangstellung. Jetzt wird das zu dehnende Bein durchgestreckt und die Ferse in Richtung des Bodens gedrückt. Die Intensität kann durch einen Zug auf die Ferse durch das entspannte Bein erhöht werden.



Abb. 23: *M. triceps surae* dehnen

- Adduktoren

Der Proband befindet sich stehend in einer seitlichen Grätschstellung, das zu dehnende Bein wird gestreckt und das entspannte Bein im Knie abgewinkelt, so dass ein gleichmäßiger Zug auf die Adduktoren entsteht.



Abb. 24: Adduktoren dehnen

- **Abduktoren**

Der Proband befindet sich in der Rückenlage auf dem Boden. Jetzt kommt es zu einer Verwringung im Unterkörper. Das zu dehnende Bein wird auf die gegenüberliegende Seite gebracht und im Kniegelenk 90° gebeugt. Das entspannte Bein wird ausgestreckt, die Schultern werden nicht abgehoben und halten Bodenkontakt. Um die Spannung zu erhöhen wird das zu dehnende Bein aktiv in Richtung Boden gezogen.

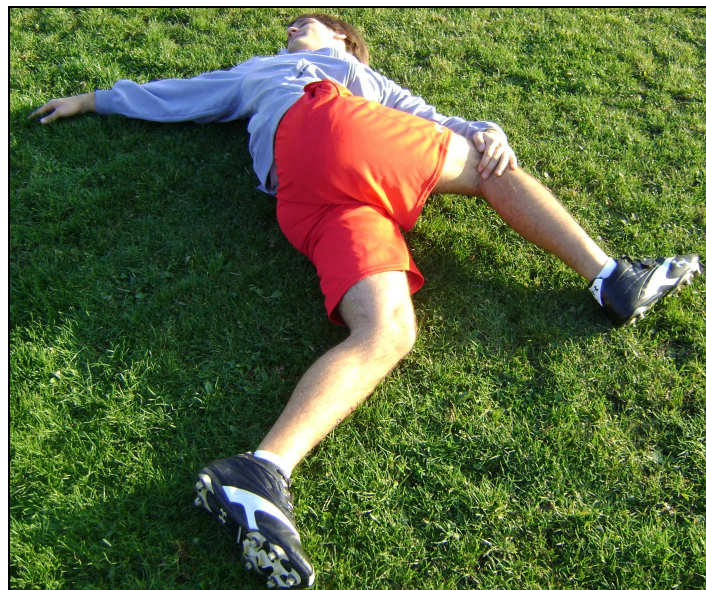


Abb. 25: Abduktoren dehnen

- Hüftbeuger

Der Proband macht einen Ausfallschritt nach vorne, das hintere Knie wird leicht gebeugt und auf dem Boden abgelegt. Beim vorderen Bein wird das Knie 90° gebeugt. Der Proband sollte sich in einer stabilen Position befinden bevor mit der Dehnung begonnen wird. Die Hüfte wird nun in Richtung des Bodens gedrückt, damit der Musculus iliopsoas eine Dehnung erfährt.



Abb. 26: Hüftbeuger dehnen

Das dynamische Dehnungsprotokoll war folgendermaßen aufgebaut. Bei der dynamischen Dehnungsgruppe wurde jede Übung ein- bis zweimal für 20 m durchgeführt, das Zurückgehen wurde als Pause betrachtet. Die Dauer des dynamischen Dehnens betrug 7 Minuten und 15 Sekunden.

9.4.2 Dynamische Dehnungsübungen:

- Fußgelenkslauf und Kniehebelauf

Der Proband beginnt mit Fußgelenksläufen, die nach 10 Metern in einen Kniehebelauf übergehen. Der Oberkörper ist aufrecht und die Knie müssen abwechselnd in Richtung Brust gebracht werden. Mit dieser Übung wird eine dynamische Dehnung der Hüftextensoren erreicht.

Durchführung: 2 x 20m



Abb. 27: Fußgelenksläufe und Kniehebelauf

- Anfersen

Die Probanden machen eine anfersende Bewegung, der Oberkörper befindet sich in einer aufrechten Haltung und die Fersen müssen so schnell wie möglich alternierend zum Gesäß gebracht werden. Es kommt zu einer dynamischen Beanspruchung des Musculus quadriceps femoris.

Durchführung: 2 x 20m



Abb. 28: Anfersen

- **Inchworm**

Der Proband befindet sich in einer aufrechten Ausgangsposition. Nun wird der Oberkörper nach vorne unten gebracht, so dass die Hände Bodenkontakt bekommen. Dann wird der Oberkörper durch alternierende Handbewegungen in Streckung gebracht. Ist eine komplette Streckung erreicht, bewegen sich die Füße mit durchgesteckten Knien alternierend nach vorne in Richtung der Hände, bis die Füße fast die Hände berühren. Jetzt beginnt diese Sequenz von neuem, bis die gewünschte Distanz erreicht ist. Bei dieser Übung wird eine Dehnung der Ischiocruralen Muskulatur und des Musculus triceps surae erreicht.

Durchführung: 2 x 10m

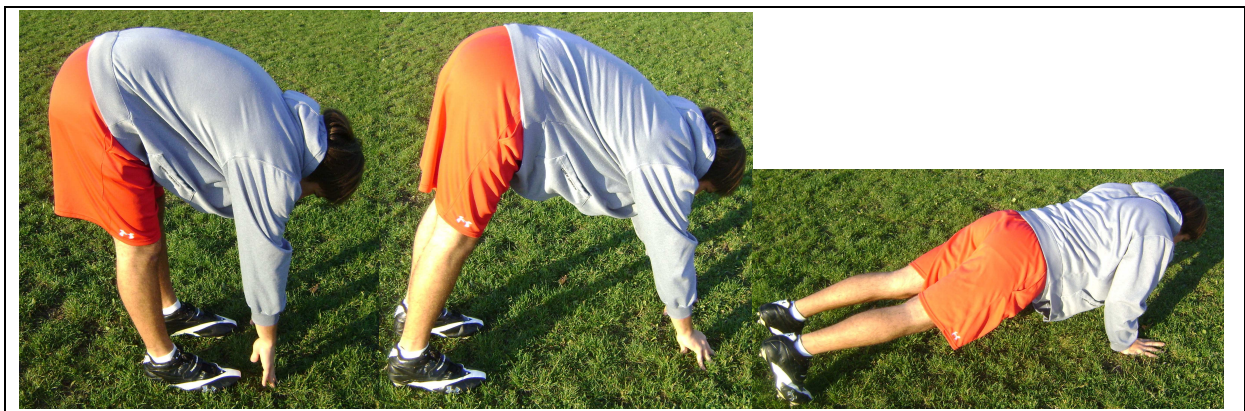


Abb. 29: *Inchworm*

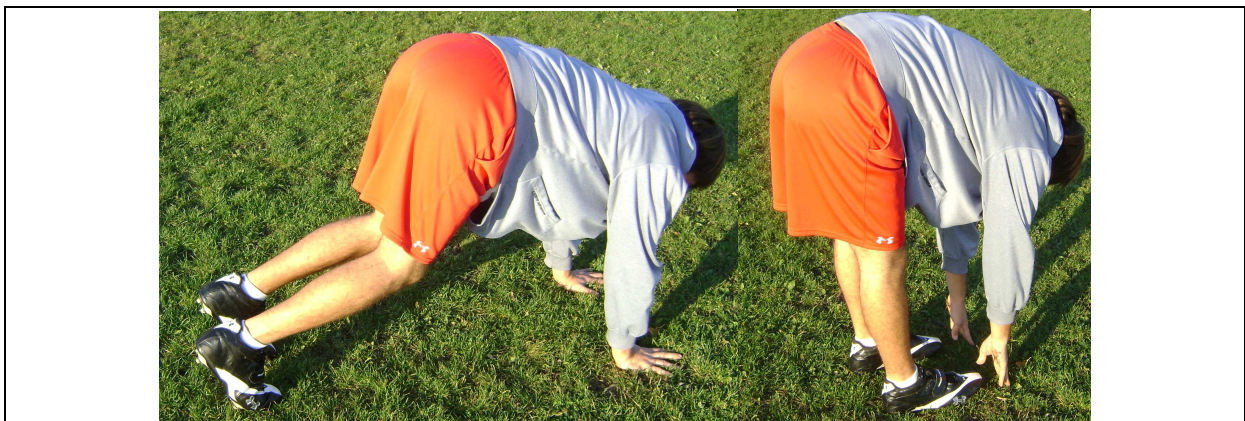


Abb. 30: *Inchworm*

- **Ausfallschritt nach vorne mit Oberkörper Seitneigung**

Der Proband macht einen Ausfallschritt nach vorne, sobald er eine Dehnung im Hüftbeuger spürt wird der gegenüberliegende Arm medial auf die Seite geneigt. Es kommt

zu einer dynamischen Dehnung des Musculus iliopsoas und des Musculus latissimus dorsi.

Durchführung: 2 x 10m



Abb. 31: Ausfallschritt + Oberkörperseitneigung

- Seitlicher Ausfallschritt

Der Proband steht gegrätscht, nun werden die Ausfallschritte seitlich durchgeführt. Nach den ersten 10 Metern wird die Seite gewechselt. Bei dieser Übung sollen vor allem die Adduktoren dynamisch gedehnt werden.

Durchführung: 1 x 20m



Abb. 32: *Seitlicher Ausfallschritt*

- Das gestreckte Bein anheben

Der Proband befindet sich in einer aufrechten Ausgangsposition, nun wird das gestreckte Bein so weit wie möglich nach vorne oben geschwungen. Hiermit soll die ischiocrurale Muskulatur dynamisch beansprucht werden.

Durchführung: 2 x 20m



Abb. 33: *Das gestreckte Bein anheben*

Nach dem Dehnen hatten die Probanden 2 Minuten Zeit um mit dem ersten Sprung zu beginnen. Der Sprung und der Sprint wurden selbstständig, ohne Startkommando durchgeführt.

Nach jedem Sprungversuch hatten die Probanden eine Ruhepause von 45 Sekunden, nach jedem Sprint gab es eine 5-Minuten-Ruhepause. Wie schon vorher erwähnt, wurden alle Sprints aus einem Dreipunktstart durchgeführt. Die Probanden befanden sich in der Offseason, sie durften kein zusätzliches Aufwärmprogramm durchführen, worauf rigoros geachtet wurde.

9.5 Ergebnisse

9.5.1 Normalverteilungsprüfung

Tab. 9: Deskriptive Statistik

			Statistik	Standardfehler
DiffSPRUNG	Mittelwert		-2,2005	,91473
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	-4,1151	
		Obergrenze	-,2859	
	5% getrimmtes Mittel		-2,3839	
	Median		-2,4000	
	Varianz		16,735	
	Standardabweichung		4,09081	
	Minimum		-7,80	
	Maximum		6,70	
	Spannweite		14,50	
	Interquartilbereich		6,18	
	Schiefte		,580	
	Kurtosis		-,178	
				,512
				,992
Diff10Y	Mittelwert		,0270	,01648
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	-,0075	
		Obergrenze	,0615	
	5% getrimmtes Mittel		,0272	
	Median		,0100	
	Varianz		,005	
	Standardabweichung		,07371	
	Minimum		-,12	
	Maximum		,17	
	Spannweite		,29	
	Interquartilbereich		,10	
	Schiefte		,109	
	Kurtosis		-,245	
				,512
				,992

Diff40Y	Mittelwert		,0285	,04005
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	-,0553	
		Obergrenze	,1123	
	5% getrimmtes Mittel		,0333	
	Median		,0350	
	Varianz		,032	
	Standardabweichung		,17913	
	Minimum		-,38	
	Maximum		,35	
	Spannweite		,73	
	Interquartilbereich		,27	
	Schiefe		-,292	,512
	Kurtosis		,211	,992

Tab. 10: Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
DiffSPRUNG	,117	20	,200(*)	,951	20	,388
Diff10Y	,141	20	,200(*)	,979	20	,927
Diff40Y	,116	20	,200(*)	,974	20	,839

* Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Histogramm

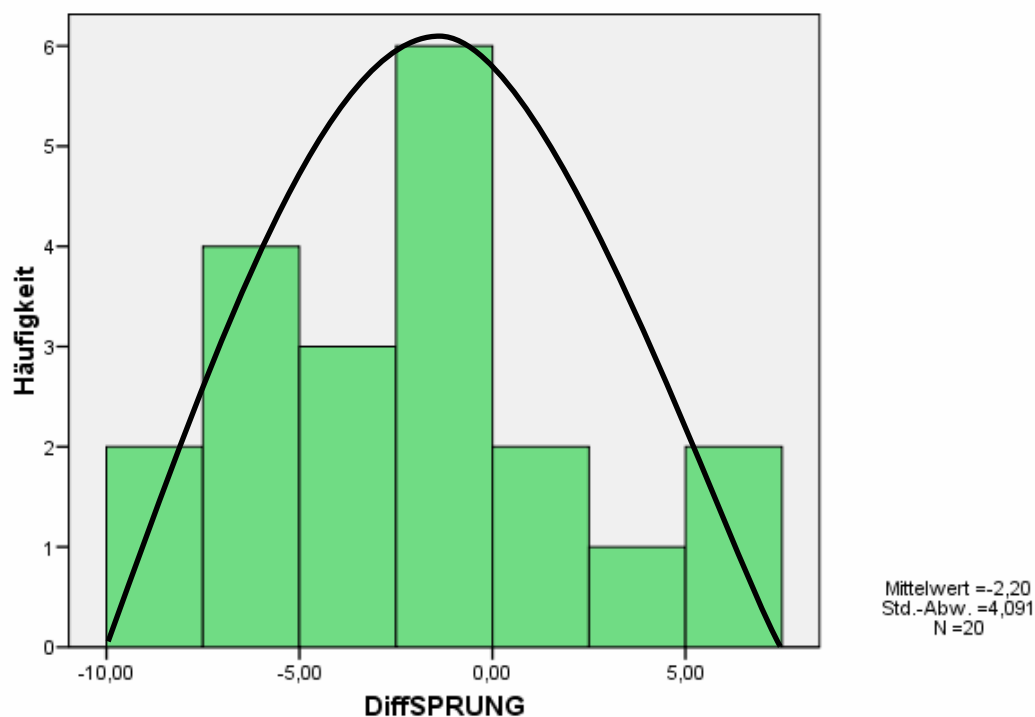


Abb. 34: Histogramm „DiffSPRUNG“

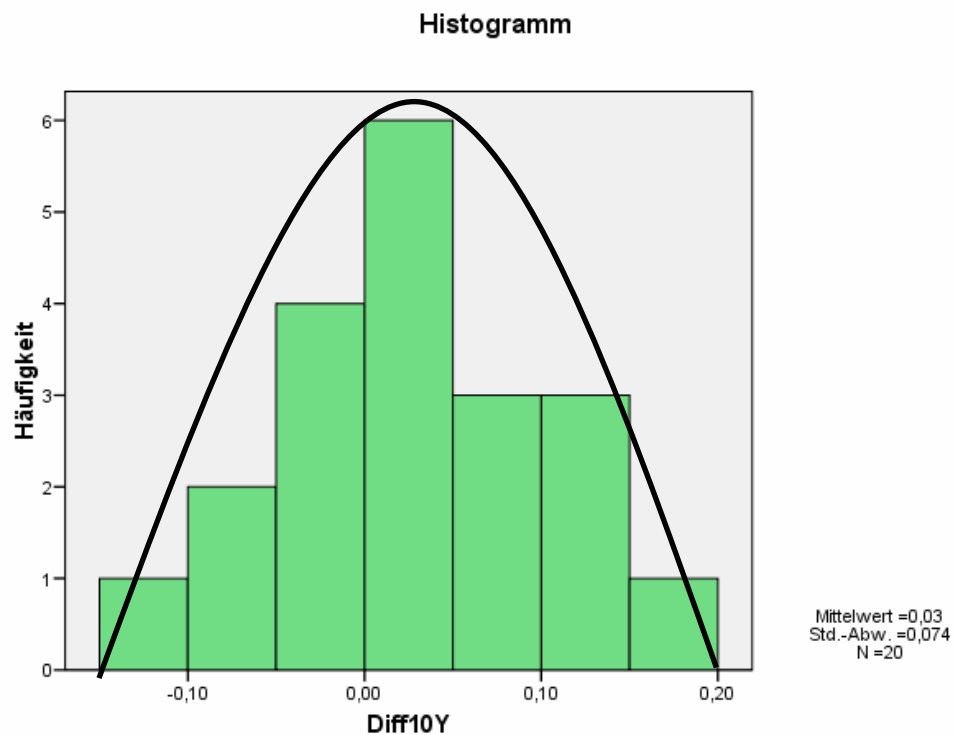


Abb. 35: Histogramm „Diff10Y“

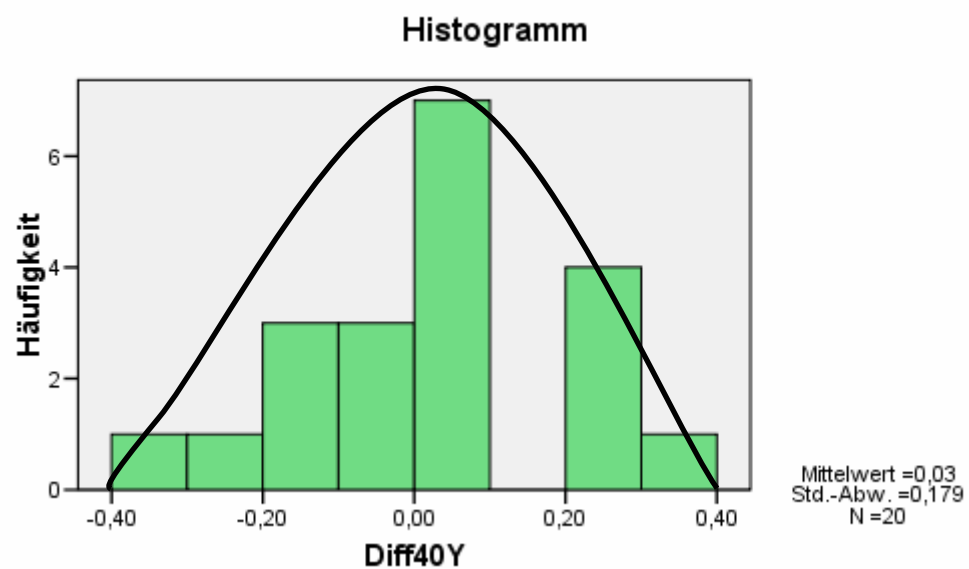


Abb. 36: Histogramm „Diff40Y“

9.5.2 Statistische Analyse der Normalverteilung

Da es sich um gepaarte Stichproben handelt, wurden die Differenzen der beiden Stichproben auf die Normalverteilung geprüft. Das α -Niveau wurde auf 5% (0,05) festgelegt. Folgende Differenzen wurden geprüft: „DiffSPRUNG“ (Differenz aus der Sprunghöhe nach statischem und dynamischem Dehnen), „Diff10Y“ (Differenz aus der 10-Yards-Sprintzeit nach statischem und dynamischem Dehnen) und „Diff40Y“ (Differenz aus der 40-Yards-Sprintzeit nach statischem und dynamischem Dehnen).

Die Alternativhypothese und die Nullhypothese wurden wie folgt definiert: **H1**: Die empirische Verteilung und die Normalverteilung sind unterschiedlich. **H0**: Es gibt keine Abweichung in der Normalverteilung.

Folgende Ergebnisse wurden mittels „SPSS 15“ ermittelt.

„DiffSPRUNG“ Signifikanz: $p = 0,200$

„Diff10Y“ Signifikanz: $p = 0,200$

„Diff40Y“ Signifikanz: $p = 0,200$

Das Ergebnis ist nicht signifikant ($\alpha = 0,05$), die Nullhypothese wird beibehalten. Die Daten sind normal verteilt. Dieses Ergebnis wird durch den graphischen Verlauf der Histogramme unterstützt.

9.5.3 T-Test für abhängige Stichproben

Sprunghöhe

Tab. 11: Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standard abweichung	Standard fehler des Mittelwertes
Paaren 1	Statisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm	37,8545	20	4,69421	1,04966
	Dynamisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm	40,0550	20	5,55390	1,24189

Tab. 12: Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Statisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm & Dynamisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm	20	,693	,001

Tab. 13: Test bei gepaarten Stichproben

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	Statisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm - Dynamisches Dehnen (Stretching) Sprunghöhe in cm	-2,20050	4,09081	,91473	-4,11506	-,28594	-2,406	19	,026

Test bei gepaarten Stichproben ($\alpha \leq 0,05$). Signifikanz (2-seitig) $p = 0,026$

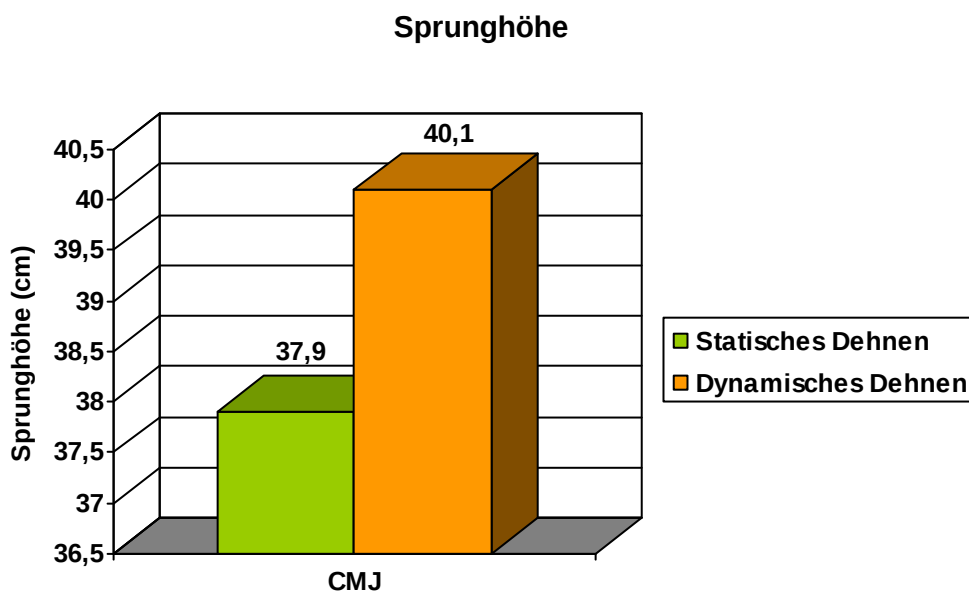


Abb. 37: Mittelwerte Sprunghöhe. Es gibt einen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,026$).

10-Yards-Sprintzeit

Tab. 14: Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standard abweichung	Standard fehler des Mittelwertes
Paaren 1 Statisches Dehnen (Stretching) 10 Yards	1,8475	20	,11489	,02569
Dynamisches Dehnen (Stretching) 10 Yards	1,8205	20	,10595	,02369

Tab. 15: Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Statisches Dehnen (Stretching) 10 Yards & Dynamisches Dehnen (Stretching) 10 Yards	20	,780	,000

Tab. 16: Test bei gepaarten Stichproben

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Statisches Dehnen (Stretching) 10 Y ards - Dynamisches Dehnen (Stretching) 10 Y ards	,02700	,07371	,01648	-,00750	,06150	1,638	19	,118

Test bei gepaarten Stichproben ($\alpha \leq 0,05$). Signifikanz (2-seitig) $p = 0,118$

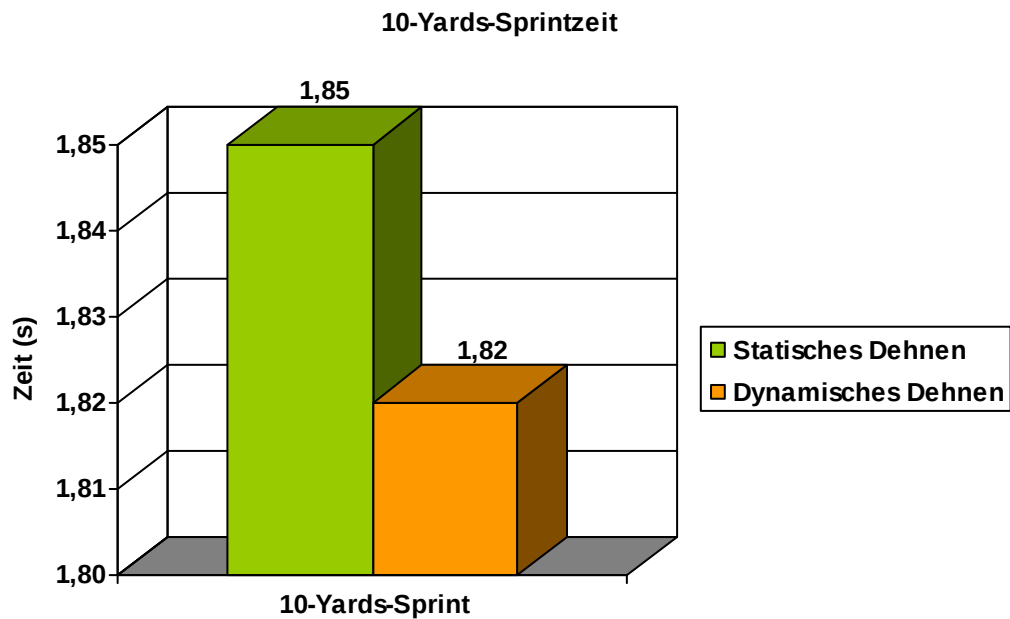


Abb. 38: Mittelwerte 10 -Yards-Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,118$).

40-Yards-Sprintzeit

Tab. 17: Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Statisches Dehnen (Stretching) 40 Yards	5,4255	20	,28454	,06363
	Dynamisches Dehnen (Stretching) 40 Yards	5,3970	20	,27168	,06075

Tab. 18: Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Statisches Dehnen (Stretching) 40 Yards & Dynamisches Dehnen (Stretching) 40 Yards	20	,794	,000

Tab. 19: Test bei gepaarten Stichproben

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Statisches Dehnen (Stretching) 40 Y ards - Dy namisches Dehnen (Stretching) 40 Y ards	,02850	,17913	,04005	-,05533	,11233	,712	19	,485

Test bei gepaarten Stichproben ($\alpha = 0,05$). Signifikanz $p = 0,485$

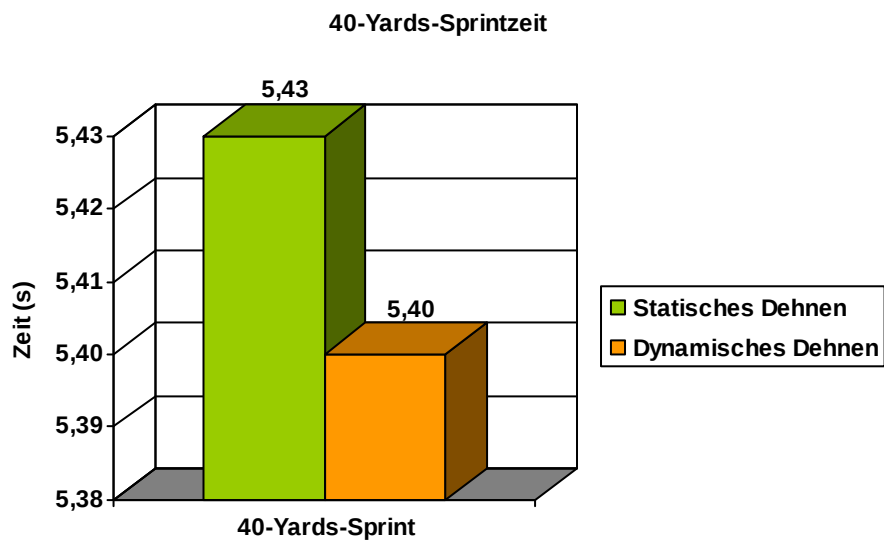


Abb. 39: Mittelwerte 40 -Yards-Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,485$).

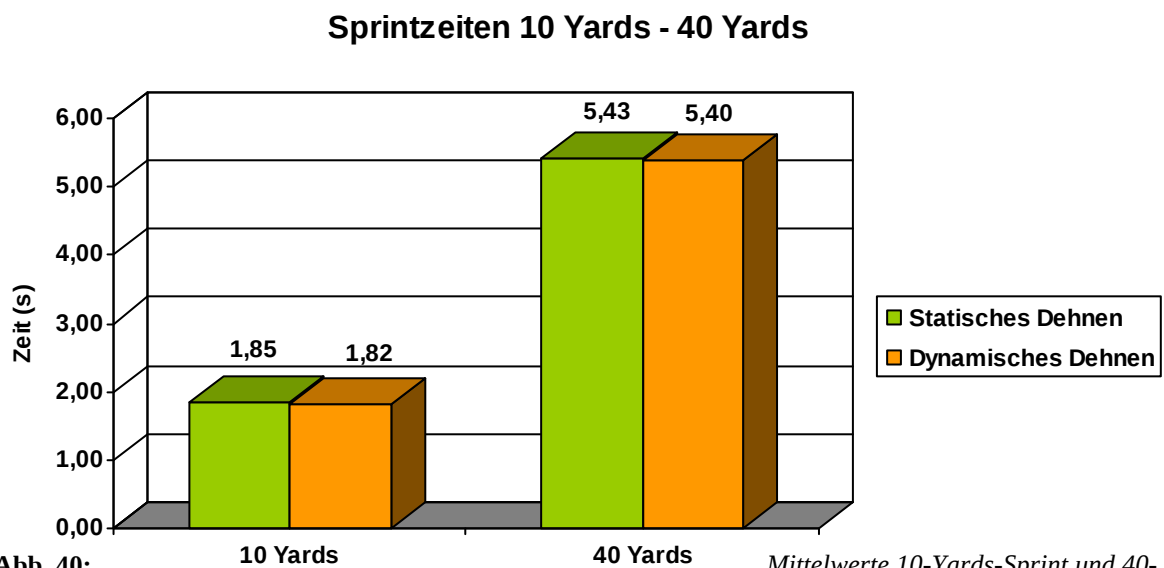


Abb. 40: Mittelwerte 10-Yards-Sprint und 40-Yards-Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) (10 Yards $p = 0,118$) und (40 Yards $p = 0,485$).

9.6 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mittels SPSS 15 durchgeführt.

Da die Voraussetzungen für einen T-Test für abhängige (gepaarte) Stichproben erfüllt waren, konnte dieser angewendet werden.

Voraussetzungen:

- zwei abhängige Stichproben ✓
- intervallskaliert ✓
- Normalverteilung der Differenzen der Variablen ✓

Das α -Niveau wurde auf 5% (0,05) festgelegt.

Sprunghöhe

Bei der Sprunghöhe ergab sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,026$). Folgende Alternativhypothese und Nullhypothese wurden gebildet: **H1:** Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der Counter-Movement-Sprunghöhe. **H0:** Es gibt keinen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der Counter-Movement-Sprunghöhe. Da das Ergebnis signifikant war, konnte die H0 verworfen werden.

10-Yards-Sprintzeit

Bei der 10-Yards-Sprintzeit ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,118$). Folgende Alternativhypothese und Nullhypothese wurden gebildet: **H1:** Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 10-Yards-Sprintzeit. **H0:** Es gibt keinen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 10-Yards-Sprintzeit. Da das Ergebnis nicht signifikant war, wurde die H0 beibehalten.

40-Yards-Sprintzeit

Bei der 40-Yards-Sprintzeit ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,485$). Folgende Alternativhypothese und Nullhypothese wurden gebildet: **H1:** Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 40-Yards-Sprintzeit. **H0:** Es gibt keinen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 40-Yards-Sprintzeit. Da das Ergebnis nicht signifikant war, wurde die H0 beibehalten.

Tab. 20: Der Effekt des Dehnens auf die Sprunghöhe und die Sprintzeit

Werte sind Mittelwerte $\pm$ SD			
Variablen:			
• Höhe (cm)			
• Zeit (Sekunden)	CMJ	10-Yards	40-Yards
Statisches Dehnen	37,9 $\pm$ 4,7*	1,85 $\pm$ 0,11	5,43 $\pm$ 0,28
Dynamisches Dehnen	40,1 $\pm$ 5,6	1,82 $\pm$ 0,11	5,40 $\pm$ 0,27

* Signifikanz zwischen statischem und dynamischem Dehnen ($\alpha \leq 0,05$)

9.7 Resultate

Dehneffekte

Der Counter-Movement-Jump wies einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Sprunghöhe auf. Nach dynamischem Dehnen war der Sprung im Durchschnitt um 2,2 cm (5,5%) höher als nach statischem Dehnen ($p = 0,026$). Bei den 10-Yards und 40-Yards-Sprints gab es keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des statischen und dynamischen Dehnens. Es gab eine geringe Verbesserung nach dem dynamischen Dehnen, diese war aber nicht von Relevanz. Die 10-Yards-Zeiten waren nach dem dynamischen Dehnen im Durchschnitt um 0,03 Sekunden (-1,6%), ($p = 0,118$) und bei den 40-Yards-Zeiten ebenfalls um 0,03 Sekunden (-0,6%), ($p = 0,485$) verbessert.

9.8 Diskussion

Es war das Ziel diese Studie, die Unterschiede in der sportlichen Leistung nach verschiedenen Aufwärmverfahren zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurden zwei verschiedene Dehnvarianten näher durchleuchtet. Die Haupte Erkenntnis ist, dass im Gegensatz zum statischen Dehnen durch dynamisches Dehnen die Sprungleistung deutlich verbessert wird. Dieses Ergebnis geht mit den neusten Studien konform, die besagen, dass statisches Dehnen den maximalen Poweroutput hemmt (vgl. Cornwell et al., 2001, S. 307- 324; Wilson et al., 1994, S. 2714-2719; Young und Behm, 2003, S. 21–27; Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 677–683; Holt und Lambourne, 2008, S. 226-229).

Church et al 2001 fanden einen signifikanten Rückgang der Sprunghöhe nach einem PNF-Stretching heraus (Church et al., 2001, S. 332-336). Zu dieser Erkenntnis kamen auch Young

und Elliot in ihren Studien. Sie stellten eine deutliche Reduktion der Drop-Jump Leistung nach statischem Dehnen fest (Young und Elliot, 2001, S. 273–282).

Marek et al. 2005 konnten nach einem PNF-Stretching und statischem Dehnen einen geringen Rückgang der Kraft und des Power Outputs feststellen (Marek et al., 2005, 94–103).

Die Untersuchungen gehen davon aus, dass es durch eine verringerte Muskel-Sehnenspannung zu einer Hemmung der Kraftproduktion in den kontraktile Elementen kommt (Wilson et al., 1994, S. 2714-2719). Wilson et al. beobachteten, dass durch eine steifere Muskel-Sehneneinheit die Kraftproduktion gesteigert wurde. Diese Erhöhung ist vor allem auf die Verbesserung der Längen-Spannungs-Beziehung und der Kraft-Geschwindigkeits-Beziehungen der Muskel-Sehneneinheit zurückzuführen. Weiters ist ein statisch gedehnter Muskel schlechter in der Lage, elastische Energie während der exzentrischen Phase in den serienelastischen Komponenten (SEC) zu speichern und sie dann in der konzentrischen Phase freizusetzen (Cornwell et al., 2001, S. 307- 324).

Im neurologischen Bereich wird vermutet, dass es durch statisches Dehnen zu einer Abnahme der neuronalen Übertragung von ZNS zu der Muskulatur kommt. Das Phänomen wird als neuronale Hemmung bezeichnet (Kubo et al., 2001, S. 520–527; Nelson et al., 2005, S. 449–454; Rosenbaum und Hennig 1995, S. 481–490).

Durch die verringerte Möglichkeit Motoneuronen zu rekrutieren, kommt es zu einer verschlechterten Leistung, da die neuronalen Mechanismen gehemmt werden wie z.B. die myoelektrische Potenzierung (Tarkka und Komi, 1982, S. 137–140). Schon ein geringes Maß an dynamischer Bewegung ist ausreichend, um eine Verbesserung der neuromuskulären Funktionen hinsichtlich des mechanischen und elektrischen Outputs herbeizuführen (Bishop, 2003, S. 439–454).

Die Mehrheit der Studien fand heraus, dass es durch eine erhöhte Muskeltemperatur (aktive und passive Methoden) zu einer verbesserten Leistung bei explosiven Aktivitäten kommt, in denen die Ausdauer keine Rolle spielt. Vor allem durch dynamisches Dehnen kommt es zu erhöhter Muskeltemperatur (Bergh und Ekblom, 1978, 33–37; Nelson und Kokkonen, 2001, S. 415–419; Sargeant, 1987, S. 693–698; Stewart und De Vito, 2003, S. 509–513).

Eine weitere Erklärung für die Kraftabnahme kann durch eine Hemmung der akuten Reaktion der Propriozeptoren wie dem Golgi-Sehnenorgan und den niederschwelligen Schmerzrezeptoren gefunden werden (Moore, 1984, 227–236).

Es ist aber durchaus möglich, dass durch statisches Dehnen die viskoelastischen Eigenschaften der Muskel-Sehneneinheit verändert werden und es zu einer Änderung der Kraft-Relaxations-Eigenschaften und somit zu einer Verringerung der Kraftherzeugung kommt

(Cornwell et al., 2001, S. 307–324; Cramer et al., 2004, S. 236–241; Fowles et al., 2000, S. 1179–1188).

Nelson et al. 2005 stellten fest, dass durch statisches Dehnen einige der verfügbaren motorischen Einheiten in einen Müdigkeitszustand verfielen und dadurch weniger motorische Einheiten zu Verfügung standen. Dies führt zu einer früher eintretenden Müdigkeit und somit zu einem Rückgang der Leistung.

Man weiß jedoch nicht ob ein 30-m-Sprint lang genug ist, dass dieser Mechanismus berücksichtigt werden muss (Nelson et al., 2005 S. 338-343).

Ein weiterer positiver Effekt des aktiven dynamischen Dehnens besteht darin, dass durch die sportartspezifischen Bewegungen die propriozeptive Ansteuerung aktiviert wird. Dies ermöglicht einen raschen Wechsel von exzentrischer zu konzentrischer Kontraktion und führt wiederum zu einer erhöhten Sprintgeschwindigkeit. Im Gegensatz dazu wird durch statisches Dehnen ein negativer Effekt auf die Koordination bewirkt (Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888).

Avela et al. 1999 beobachteten den Rückgang der Motoneuron Erregbarkeit nach einem passiven Dehnungsprogramm durch eine Reduzierung des H-Reflexes (Avela et al., 1999, S. 1283-1291).

Je länger das statische Dehnen ausfällt, desto geringer wird die Muskelspannung, außerdem kommt es zu einer Hemmung der Muskelspindeln. Diese Faktoren sind für den Leistungsabfall ausschlaggebend (Marek et al., 2005, S. 94–103).

Ein Grund für den nicht signifikanten Unterschied zwischen dem dynamischen Dehnen und dem statischen Dehnen kann durch die lange Ruhezeit bedingt sein. Die Autoren berichteten, dass eine 5-Minuten-Ruhezeit zwischen den Übungen, die durch das statische Dehnen induzierte Veränderung zunichte machte (Torres et al., 2008, S. 1279–1285).

9.9 Sportliche Relevanz

Nach den Erkenntnissen, die aus dieser Studie hervorgehen, empfiehlt es sich vor einer explosiven und schnellkräftigen Belastung ein dynamisches Dehnen einzubauen. Auf ein statisches Dehnen (2 mal 30 Sekunden pro Bein) sollte verzichtet werden, außer die Sportlerin und der Sportler legen besonderen Wert darauf.

Auch rein subjektiv war das Empfinden (erhöhte Spannung in der Muskulatur) nach dem dynamischen Dehnen eindeutig besser, als nach dem statischen Dehnen. Das Aufwärmen

sollte sich vermehrt auf die Erhöhung der Kern- und Muskeltemperatur konzentrieren. Jedoch ist noch nicht bekannt, wie lang der neuromuskuläre Effekt durch dynamisches Dehnen anhält. Dieser Effekt könnte für den nicht signifikanten Unterschied zwischen den Sprintzeiten verantwortlich sein. Es wird daher empfohlen das dynamische Dehnen so kurz wie möglich vor dem Wettkampf zu platzieren.

10. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden quantitativen Untersuchung im Rahmen der Magisterarbeit war es, anhand einer Feldstudie, mittels American Footballspielern, die Auswirkungen von dynamischem und statischem Dehnen auf die Schnell- bzw. Explosivkraftfähigkeit zu untersuchen. Dies ist anhand der Testergebnisse auch gelungen. Der Unterschied war bei dem Counter-Movement-Jump signifikant und bei den 10 und 40-Yards-Zeiten gab es wohl tendenzielle Unterschiede, diese waren aber statistisch nicht signifikant. Rein statistisch gesehen kann somit die erste Hypothese: „Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der Counter-Movement-Sprunghöhe.“ als verifiziert betrachtet werden. Die anderen beiden Hypothesen: „Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 10-Yards-Sprintzeit.“ und „Es gibt einen Unterschied zwischen dynamischem und statischem Dehnen hinsichtlich der 40-Yards-Sprintzeit.“ müssen als falsifiziert betrachtet werden.

Nach den neusten wissenschaftlichen Studien kann davon ausgegangen werden, dass dynamisches Dehnen die körperliche Leistung in explosiven und schnellkräftigen Sportarten verbessert. In der Literatur herrscht Übereinstimmung, dass statisches Dehnen die Leistung bei Schnell- und Explosivkraftdisziplinen hemmt (Christensen und Nordstrom, 2008, S. 1826-1831; Sayers et al., 2008, S. 1416-1421; Jagers et al., 2008, S. 1844-1849; Fletcher und Anness, 2007, S. 784-787; Fletcher und Jones, 2004, S. 885-888; Beedle et al., 2008, S. 1838-1843; Winchester et al., 2008, S. 13-18; Yamaguchi und Ischii, 2005, S. 677-683; Hough, 2009, S. 507-512).

Literatur

Albrecht, K., Meyer, S., Zahner, L. (1999). *Stretching – Das Expertenhandbuch. Grundlagen für Trainer und Sportler* (2., überarbeitete Auflage). Heidelberg: Haus Verlag.

Alexander, RM. (1988) . The spring in your step - The role of elastic mechanisms in human running. *Biomechanics XI-A*. Seite 17–25. Champaign, IL: Human Kinetics.

Allen, RD., Lee, JA., und Westerblad, H. (1989). Intracellular calcium and tension during fatigue in isolated single muscle fibres from *Xenopus laevis*. *Js Physiol* 415: Seite 433–458.

Allerheiligen, WB. (1994). Stretching and warm-up. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*, T.R. Baechle, ed. Champaign: Human Kinetics, Seite 289–313.

Alter, M.J. (1996). *Science of Flexibility*. Champaign: Human Kinetics.

American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (6th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Andersen, J., C. (2005). Stretching before and after exercise: Effect on muscle soreness and injury risk. *J Athl Train* 40(3): Seite: 218-220.

Anthony, C., P. and N., J. Kolthoff. (1975). *Textbook of Anatomy and Physiology*, 9th ed. St. Louis: Mosby.

Asmussen, E., F. Bonde-Peterson, and K. Jorgenson. (1976). Mechano-elastic properties of human muscles at different temperatures. *Acta Physiol Scand* 96: Seite: 86-93.

Arthur, M., and B., Bailey. (1998). *Complete Conditioning for Football*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Aura, O. und Komi, PV. (1986). Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise. *Int J Sports Med* 7: Seite 137–143.

Avela, J., Kyrolainen, H., and Komi, PV. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* 86: Seite 1283–1291.

Bandy, W., D. and J. M. Irion. (1994). The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys* 4 74(9): Seite: 845-850. discussion Seite: 850-852.

Bandy, W., D.; J., M., Irion and M. Briggler. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 77(10): Seite: 1090-1096.

Bandy, W., D.; J., M. Irion and M., Briggler. (1998). The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 27(4): Seite: 295-300.

Beedle B., Rytter SJ., Healy RC., Ward TR.. (2008). Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J Strength Cond Res*. Seite 1838-1843.

Behm, DG., Button, DC., und Butt, JC. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 26: Seite 262–272.

-
- Behm, DG. und Kibele, A. (2007). Effects of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol* 101: Seite 587–594.
- Behm, DG., Bambury, D., Cahill, F., und Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc* 36: Seite 1397–1402.
- Belli, A. und Bosco, C. (1992). Influence of stretch-shortening cycle on mechanical behaviour of triceps surae during hopping. *Acta Physiol Scand* 144: Seite 401–408.
- Bergh, U., und Ekblom, B. (1979). Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. *J. Appl. Physiol.* 46: Seite 885–889.
- Bergh, U., and B., Ekblom. (1979). Influence of muscle temperature on maximal strength and power output in human muscle. *Acta Physiol Scand* 107: Seite: 332–337.
- Bishop, D. (2003) Warm up I. Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med* 33: Seite 439–454.
- Bobbert, MF., Gerritsen, KGM., Litgens, MCA., and Van Soest, AJ. (1992). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exer* 28: Seite 1402–1412.
- Bosco, C. und Komi, PV. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiol Scand* 106: Seite 467–472.
- Bosco, C., Viitasalo, JT., Komi, PV., und Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiol Scand* 114: Seite 557–565.
- Boyle, PM. (2004). The effect of static and dynamic stretching on muscle force production. *J Sports Sci* 22: Seite 273–274.
- Bradley, PS., Olsen, PD, und Portas,MD. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 21: Seite 223–226.
- Brodowicz, G., R.; R., Welsh, and J. Wallis. (1996). Comparison of stretching with ice, stretching with heat, or stretching alone on hamstring flexibility. *J Athl Train* 31: Seite: 324–327.
- Burkett, LN., Phillips, WT., und Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *J Strength Cond Res* 19: Seite 673–676.
- Cherry, D., B. (1980). Review of physical therapy alternatives for reducing muscle contracture. *Phys Ther* 60: Seite: 877–881.
- Condon, S., M. and R., S., Hutton. (1987). Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Phys Ther* 67: Seite: 24–30.
- Cornelius, W., J. (1985). The effective way. *NSCA J* (7)3: Seite: 62–64
- Cornelius, W., J. and M., M., Hinson. (1980). The relationship between isometric contractions of hip extensors and subsequent flexibility in males. *Sports Med Phys Fitness* 20: Seite: 75–80.
- Corbin, C.,B.; L. J. Dowell; R., Lindsey and H. Tolson. (1978). *Concepts in Physical Education*. Dubuque, IA: Brown.

Cornwell, A., Nelson, AG., Heise, GD. und Sidaway, B. (2001) Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *J Hum Mov Stud* 40: Seite 307–324.

Cornwell, A., A.G. Nelson, und B. Sidaway. (2002) Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86: Seite: 428–434.

Cramer, JT., Housh, TJ., Johnson, GO., Miller, JM., Coburn, JW. und Beck, TW. (2004). Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res* 18: Seite 236–241.

Cramer, JT., Beck, TW., Housh, TJ., Massey, LL., Marek, SM., Danglemeier, S., Purkayastha, S, Culbetson, JY., Fitz, KA., und Egan, AD. (2007). Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *J Sports Sci* 25: Seite 687–698.

Cramer, J., T.; T., J., Housh, J., W., Coburn; T., W., Beck and G., D., Johnson. (2006). Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res* 20(2): Seite: 354-358.

Cramer, JT., Housh, TJ., Weir, JP., Johnson, GO., Coburn, JW. Und Beck, TW. (2005). The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol* 93: Seite 530–539.

Christensen BK. und Nordstrom BJ. (2008). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 22: Seite 1826-31.

Cross, KM. und Worrell, TW. (1999). Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *J Athl Train* 34: Seite 11–14.

Church, J., B., Wiggins, M., S., Moode, E., M. und Crist, R. (2001). Effect of warmup and flexibility treatments on vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res.* 15: Seite 332–336.

Davis, D.,S.; R., E., Ashby; K., L., McCale; J., A., McQuain and J., M., Wine. (2005), The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res* 19(1): 27-32.

Depino, G., M.; W., G., Webright and B., L., Arnold. (2000). Duration of main trained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train* 35(1), Seite: 456-59.

De Mareés, H. (2003). *Sportphysiologie* (9. Auflage). Köln: Sportverlag Strauss.

deVries, H., A.; T., J. Housh and L., L., Weir. (1995) *Physiology of Exercise for Physical Education, Athletics and Exercise Science*, 5th ed. Dubuque, IA: Brown.

de Weijer, V., C.; G., C., Gorniak and E., Shamus. (2003). The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *J Orthop Sports Phys Ther* 33(12): Seite: 727-733.

Earle, R.,W. and T., R., Baechle, eds. (2004) *NSCA`s. Essential of Personal Training*. Champaign. IL: Human Kinetics.

Edwards, R.,H., T., Harris, R., C., Hultman, E., Kaijser, L., Koh, D., und Nordesjo", L.,O. (1972) Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J Physiol* 220: Seite: 335–352.

Egan, AD., Cramer, JT., Massey, LL., und Marek, SM. (2006). Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association Division I women's basketball players. *J Strength Cond Res* 20: Seite 778–782.

Enoka, E. (2001). *Neuromechanics of Human Movement*, 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.

Evetovich, T.,K., N.,J., Nauman, D.,S., Conley, und J.,B., Todd. (2003). Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *J. Strength Cond. Res.* 17: Seite: 484–488.

Fleck, S., J. and W., J. Kraemer. (2004) *Designing Resistance Training Program*, 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.

Funk, D., C.; A., M., Swank; B., M., Mikla; T., A., Fagan and B.K. Farr. (2003). Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res* 17(3): Seite: 489-492.

Fletcher, IM. und Jones B. (2004) The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res* 18: Seite 885–888.

Fletcher, IM. und Anness, R. (2007) The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res* 21: Seite 784–787.

Flexibility: Roundtable. (1984). *NSCA J* 6(4):10-22, 71-73.

Fowles, JR., Sale, DG., und MacDougall, JD. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol* 89: Seite 1179–1188. Fredrick, GA. und Szymanski, DJ. (2001). Baseball (part I): dynamic flexibility. *Strength Cond J* 23(1): Seite 21–30,

Fox, E., L. (1979). *Sports Physiology*. Philadelphia: Saunders.

Fradkin, A., J.; B., J., Gabbe and R., A., Cameron. (2006) Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomised controlled trials. *J Sci Med Sport* 9 (3): Seite: 214-220.

Getchell, B. (1979). *Physical Fitness: A Way of live* New York: Wiley.

Gleim, G.,W., and M.,P., McHugh. (1997) Flexibility and its effects un sports injury and performance [review]. *Sports Med* 24(5): Seite: 289 299.

Glück, S., Schwarz, M., Hoffmann, U., Wydra, G. (2002). Bewegungsreichweite, Zugkraft und Muskelaktivität bei eigen- bzw. fremdregulierte Dehnung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* Jg. 53, 3: Seite 66-71.

Goodwin, PC., Koorts, K., Mack, R., Mai, S., Morrissey, MC. Und Hooper, DM. (1999) Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. *Eur J Appl Physiol* 79: Seite 374–378.

Gossen, ER. und Sale, DG. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *Eur J Appl Physiol* 83: Seite 524–530.

Gottlob, A. (2007). *Differenziertes Krafttraining* (2. Auflage). München: Urban & Fischer

Gremion, G. (2005). Is stretching for sports performance still useful? A review of the literature. *Rev Med Suisse* 27:1(28): Seite: 1830-1834.

Guissard, N., Duchateau, J. und Hainaut, K. (1988). Muscle stretching and motoneuron excitability. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58: Seite 47–52.

Halbertsma, JP., Van Bolhuis, AI., und Goeken, LN.(1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehab* 77: Seite 688–692.

Hartig, DE. und Henderson, JM. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med* 27: Seite 173–179.

Hedrick, A. (2000) Dynamic flexibility training. *Strength Cond J* 22(5): Seite 33–38.

Hedrick, A. (2004). Flexibility, body-weight and stability ball exercises. In: NSCA`s Essentials of Personal Training, T., R., Baechle and R.,W., Earle, eds. Champaign, IL: Human Kinetics.

Herbert, RD. und Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Br Med J* 325: Seite 468–470A.

Hicks, A., Fenton, J., Garner, S., und McComas, AJ. (1989). M wave potentiation during and after muscle activity. *J Appl Physiol* 66: Seite 2606–2610.

Hof, AL. (1998). In vivo measurement of the series elasticity release curve of the human triceps surae muscle. *J Biomech* 31: Seite 793–800.

Hof, AL., Geelen, BA., und Van Denberg, J.(1983). Calf muscle moment, work and efficiency in level walking: Role of series elasticity. *J Biomech* 16: Seite 523–537.

Hoffman, J. (2002). 5. Physiological Aspects of Sports Performance and Training. Champaign, IL: Human Kinetics.

Holcomb, WR. (2000). Stretching and warm-up. In: Baechle TR und Earle RW. (Eds), Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed). Champaign, IL: Human Kinetics.

Holland, G., J. (1966) The physiology of flexibility: A review of the literature. *Kinesthesiol Rev* 1: Seite: 49-62.

Hollmann, W., Strüder, H. (2009). Sportmedizin – Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin (5. Auflage). Stuttgart: Schattauer GmbH

Holt, B. und Lambourne, K. 2008. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *Strength Cond. J.* 22: Seite 226-229.

Hough, PA. Ross, EZ. und Howatson G.(2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J Strength Cond Res.* 23: Seite 507-12.

Houk, JC., Singer, JJ. und Goldman, MR.(1971). Adequate stimulus for tendon organs with observation on mechanics of the ankle joint. *J Neurophysiol* 34: Seite 1051–1065.

Ingen, G.,J. (1984). An alternative view of the concept of utilization of elastic energy in human movement. *J. Hum. Mov. Sci.* 3: Seite: 301–336.

Jagers JR., Swank AM., Frost KL. Und Lee CD. (2008). The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res.* 22: Seite 1844-9.

Johansson, P., H.; L., Lindstrom, G., Sundelin, and B., Lindstrom. (1999). The effects of pre-exercise stretching an muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Seand J Med Sci Sports* 9(4): Seite: 219-225.

-
- Komi, PV. und Bosco, C. (1987). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports Exerc* 10: Seite 261–265.
- Kokkonen, J., Nelson, AG., und Cornwell, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport* 69: Seite 411–415.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., und Fukunaga, T. (2001). Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 90: Seite 520–527.
- Leighton, J.R. (1964). A study of the effect of progressive weight training on flexibility. *J Assoc Phys Ment Rehabil* 18: Seite: 101.
- Little, Tand Williams, AG. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 20: Seite 203–7.
- Lund, H., P.; Vestergaard-Poulsen; I., L., Kanstrup and P. Sejrnsen. (1998). The effect of passive stretching an delayed onset muscle soreness and other detrimental effects fallowing eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 8(4): Seite: 216-221.
- Magnusson, PS., Simonsen, EB., Aagaard, P. und Kjaer, M. (1996). Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *Am J Sports Med* 24: Seite 622–628.
- Magnusson, P., Simonsen, E., Dyhre-Poulson, P., Aagaard, P., Mohr, T., und Kjaer, M. (1996). Viscoelastic stress relaxation during static stretch in human skeletal muscle in absence of EMG activity. *Scand J Med Sci Sports* 6: Seite 323–328.
- Magnusson, S.,P., P., Aagaard, und J.,J., Nielson. (2000). Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscletendon unit. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1160–1164.
- Mann, D.,P. and M.,T., Jones. (1999) Guidelines to the implementation of a dynamic stretching program. *Strengt Cond J* 21(6): Seite: 53-55.
- Marshall, J.,L.; N., Johnson; T., L., Wiekiewicz; H.,M. Tishler; B., L., Koslin; S., Zeno and A. Myers.(1980). Joint looseness: A function of the person and the joint. *Med Sci Sports Exerc* 12: 189-194.
- Marek, SM., Cramer, JT., Fincher, AL., Massey, LL., Dangelmaier SM, Purkayastha S., Fitz KA. und Culbertson, JY. (2005). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train* 40: Seite 94–103.
- McArdle, W., Katch, F., Katch, V. (2007). *Exercise Physiology*. Lippincott Williams & Wilkins
- McFarland, B. (1984). Developing maximum running speed. *NSCA J* 6(5): Seite: 24-28.
- McNair, PJ. und Stanley, SN. (1996). Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle stiffness and range of motion of the ankle joint. *Br J Sports Med* 30: Seite 313–317.
- Moir, G., Glaister, M., und Stone, MH. (2004) Influence of familiarisation on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res* 18: Seite 276–280.
- Moore, M., A. and R., S., Hutton. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc* 12(5): Seite: 322-329.
- Moore, JC. (1984). The Golgi tendon organ: a review and update. *Am J Occ Ther* 38: Seite 227–236.

-
- Moore, MA. und Hutton, RS. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc* 12: Seite 322–329.
- Nelson, AG., Allen, JD., Cornwell, A., und Kokkonen, J. (2001). Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Res Q Exer Sport* 72: Seite 68–70.
- Nelson, AG., Driscoll, NM., Landin, DK., Young, MA., und Schexnayder, IC. (2005). Acute Effects of Passive Muscle Stretching on Sprint Performance. *J Sports Sci* 23: Seite 449–454.
- Nelson, A., G., Kokkonen, J. and D., A., Arnall. (2005). Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *J Strength Cond Res* 19(2): Seite: 338-343.
- Nelson, AG., Guillory, IK., Cornwell, A., und Kokkonen, J. (2001). Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity specific. *J Strength Cond Res* 15: Seite 241–246.
- Norris, CM. (1999). *The Complete Guide to Stretching*. London: A & C Black.
- O’Leary, D., Hope, K., und Sale, DG. (1997). Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. *J Appl Physiol* 83: Seite 2131–2138.
- Papadopoulos, G., Siatras, T., und Kellis, S. (2005). The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. *Isokinet Exerc Sci* 13: Seite 285–291.
- Pollock, ML., Gaesser, GA., Butcher, JD., Despres, JP., Dishman, RK., Franklin, BA., und Garber, CE. (1998). ACSM Position Stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30: Seite 975–991.
- Pope, R., P; R., D., Herbert; J., D., Kirwan, and B., J., Graham. (2004). A randomised trial of pre-exercise stretching for prevention of lower limb injury. *Med Sci Sports Exerc* 32: Seite: 271-277.
- Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M., und Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 36: Seite 1989–1396.
- Prentice, W., E. (1983). A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip amt flexibility. *Athl Training* 18(1): Seite: 56-59.
- Riewald, S. (2004) Stretching the limits of knowledge on stretching. *Strength Cund J* 26(5): Seite: 58-59.
- Rosenbaum, D. und Hennig, EM. (1995). The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity. *J Sport Sci* 13: Seite 481–490.
- Sady, S., P.; M., Wortman and D., Blanket. (1992). Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phiys Med Rehabil* 63(6): Seite: 261-263.
- Safran, M., K.; W., E., Garrett; A., V., Seaber; R., R., Glisson and B., M., Ribbeck. (1988). The role of warm-up in muscular injury prevention. *Am J Sports Med* 16(2):123:128.
- Safran, MR., Seaber, AV., und Garrett, WE. (1989). Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Med* 2: Seite 267–27.

Sargeant, A.,J. (1987). Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *Eur J Appl Physiol* 56: Seite: 693–698.

Sayers AL., Farley RS., Fuller DK., Jubenville CB. und Caputo JL (2008).The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 22: Seite 1416-21.

Shellock, FG. und Prentice, WE. (1985). Warming up and stretching for improved physical performance and prevention of sports related injuries. *Sports Med* 2: Seite 267–268.

Shorten, MR. (1987). Muscle elasticity and human performance. *Med Sports Sci* 25: Seite 1–18.

Shorten, M.,R. (1987). Muscle elasticity and human performance. *Med. Sports Sci.* 25: Seite: 1–18.

Shrier, I. (2000) Stretching before exercise: An evidence based approach. *Br J Sports Med* 34(53): Seite: 324-325.

Shrier, I. (1999) Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: A critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med* 9(43): Seite: 221-227.

Shrier, I. (2004) Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 14 (5): Seite: 267- 273.

Shrier, I. (2004) Meta-analysis on pre-exercise stretching. *Med Sci Sports Exerc* 36(10): Seite: 1832.

Siatras, T., Papadopoulos, G., Mameletzi, D., Gerodimos, V., und Kellis S. (2003). Static and dynamic acute stretching effect on gymnasts' speed in vaulting. *Pediatr Exerc Sci* 15: Seite 383–391.

Smith, CA. (1994). The warm up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review. *J Ortho Sport Phys Ther* 19: Seite 12–17.

Stewart, D., Macaluso, A., und De Vito, G. (2003). The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. *Eur J Appl Physiol* 89: Seite 509–514.

Tanigawa, M., C. (1972). Comparison of the hold relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther* 52: Seite: 725-735.

Taylor, DC., Dalton JD., Jr, Seaber, AV., und Garrett,WEJ. (1990). Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med* 18: Seite 300–309.

Thaeker, S., B.; J. Gilchrist, D., F., Stroup and C., F. Kimsey, Jr. (2004) The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 36(3): Seite 371-378.

Thigpen, LK., Moritani, T., Thiebaud, R., und Hargis, JL. (1985). The acute effects of static stretching on alpha motoneuron excitability. In *Biomechanics IX-A* Seite 352–357.

Todd, T. (1985) Historical perspective: The myth of the muscle- bound lifter. *NSCA J* 6(4): Seite: 37-41.

Torres, EM., Kraemer, WJ., Vingren, JL., Volfek, DL., Hatfield, DL., Spiering, A., Ho, JY., Fragala, MS., Thomas, GA., Anderson, JM., Häkkinen, K., and Maresh, CM. (2008). Effects of stretching on upper-body muscular performance. *J Strength Cond Res* 22: Seite 1279–1285.

Trimble, MH. und Harp, SS. (1988). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Med Sci Sport Exer* 30: Seite 933–941.

Unick, J.; H., S., Kieffer; W., Cheesman und A., Feeney. (2005). The acute effects of static and ballistic stretching an vertical jump performance in trained women. *J Strength Cond Res* 19(1): Seite: 206-212.

Van Ingen Schenau, GJ., Bobbert, MF., und De Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *J Appl Biomech* 13: Seite 389–415.

Vujnovich, AL. und Dawson, NJ. (1994). The effect of therapeutic muscle stretching on neural processing. *J Ortho Sports Phys Ther* 20: Seite 145–153.

Vuss, DR., M.K. Junta, and Bj. Myers. *Prapriueeptieehfeurumuseulur Fueilitutian: Putterna und Teehniques*. 3rcl cd. Philadelphia: Harper & Ruw. 1985.

Wallmann, HW,, Mercer, JA,, und McWhorter, JW. (2005). Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 19: Seite 684–688.

Wallmann, HW., Mercer, JA., und Landers, MR. (2008). Surface electromyographic assessment of the effect of dynamic activity and dynamic activity with static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 22: Seite 787–793.

Walter, S., D.; S., F., Figoni; R., E., Andres and E., Brown. (1996) Training intensity and duration in flexibility. *Clin Kinesthesiol* 50: Seite: 40-45.

Weineck, J. (2007) *Optimales Training- Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtraining* (15. Auflage). Balingen: Spitta Verlag.

Weiss, L., W.; K., J., Cureton and F., N., Thompson. (1983). Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *Eur J Appl Physiol* 50: Seite: 413-419.

Weldon, SM. und Hill, RH. (2003). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther* 8: Seite 141–150.

Wiktorsson-Moller, M.,Oberg, B., Ekstrand, J., und Gillquist, J. (1983). Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. *Am J Sports Med* 11: Seite 249–252.

Wilmore, J., H.; R., E., Parr; R., N., Girandola; P., Ward; E., A., Vodak; T., J. Barstow; T. V., Pipes; G., T., Romero and P., Leslie. (1978). Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Med Sci Sports* 10: 79-84.

Wilson, GJ., Murphy, AJ., und Pryor, JF. (1994) Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *J Appl Physiol* 76: Seite 2714–2719.

Wilson, G., J., G., A. Wood und B.,C., Elliot. (1991). The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: an alternative explanation for the occurrence of muscular injury. *Int. J. Sports Med.* 12: Seite: 403–407.

Winchester, JB., Nelson, AG., Landin, D., Young, MA. und Schexnayder, IC. (2008). Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res*. Seite 13-18.

Winters, M., V.; C., G., Blake; J., S., Trust; T., B., Manrcello-Brinker; L., M., Lowe; M., B., Garber and R., S., Wainner. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: A randomized clinical trial. *Phys Ther* 84(9): Seite: 800-807.

Yamaguchi, T. und Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 19: Seite 677–683.

Yamaguchi, T., Ishii, K. Yamanaka, M., und Yasuda, K. (2007). Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res* 21: Seite 1238–1244.

Young, WB. und Behm, DG. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fit* 43: 21–27.

Young, W.,B. und Behm, D., G. (2002). Should static stretching be used during a warm-up for strength and power activities? *Strength Cond. J.* 24: Seite 33–37.

Young, W. und S., Elliott. (2001). Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res. Q. Exerc. Sport* 72: Seite: 273–279.

Zakas, A., Galazoulas, C., Doganis, G., and Zakas, N. (2006). Effect of two acute stretching durations of the rectus femoris muscle on quadriceps isokinetic peak torque in professional soccer players. *Isokinet Exerc Sci* 14: Seite 357–362.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Komponenten der Beweglichkeit (Albrecht et al., 1999, S. 15).....	12
Abb. 2: Differenzierung der verschiedenen Formen der Muskeldehnung (Glück et al., 2002, S. 67) .	13
Abb. 3: Schematische Darstellung eines Muskels (Bachle und Earl, 2008, S. 05)	16
Abb. 4: Muskelfaser im Detail (McArdle, 2007, S. 375)	16
Abb. 5: Detaillierte Ansicht eines Sacromers (Bachle und Earl, 2008, S. 06)	17
Abb. 6: Motoneuron (Bachle und Earl, 2008, S. 05).....	19
Abb. 7: Unterschiedliche Phase der Gleit-Filamenttheorie (Bachle und Earl, 2008, S. 07) (a) der Muskel ist entspannt, (b) der Muskel beginnt zu kontrahieren, (c) der Muskel ist vollständig kontrahiert.....	20
Abb. 8: Muskelfasertypen im Skelettmuskel (Hollmann und Stüder, 2009, S. 52)	23
Abb. 9: Golgi-Sehnenorgan (Bachle und Earl, 2008, S. 13)	24
Abb. 10: Muskelspindel (Bachle und Earl, 2008, S. 13)	26
Abb. 11: Unterschiedliche Sprunghöhe bei unterschiedlichen Dehnprogrammen. *Significant difference between NS and SS ($p < 0.05$), #significant difference between NS and DS ($p < 0.05$); **significant difference between SS and DS ($p < 0.001$). NS = no stretching; SS = static stretching; DS = dynamic stretching. (vgl. Hough et al., 2009, S. 509).....	43
Abb. 12: Unterschiedliche EMG-Aktivitäten bei unterschiedlichen Dehnprogrammen. *Significant difference between SS and DS ($p < 0.05$). NS = no stretching; SS = static stretching; DS = dynamic stretching. (vgl. Hough et al., 2009, S. 510)	44
Abb. 13: Beinstreckermaschine, Anfangs und Endposition (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 678)	46
Abb. 14: Unterschied in der Leg Extension Power. (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 680).....	48
Abb. 15: Vergleich der Mittelwerte Values are means and standard errors. ★★ Indicates significantly ($p < 0.01$) different from nonstretching. (vgl. Yamaguchi und Ishii, 2005, S. 680).....	49
Abb. 16: Der Effekt des Dehnens auf die Sprintzeit. *Signifikanz zwischen Stretching und nicht Stretchingbedingungen ($p = 0,05$). (vgl. Winchester et al., 2008, S. 15).....	54
Abb. 17: Zeitplan für die „nicht Stretching“ Testung	68
Abb. 18: Zeitplan für die „ statisches Stretching“ Testung	68
Abb. 19: Dreipunktstand – Startvorbereitung	79
Abb. 20: Dreipunktstand – Startvorbereitung	80
Abb. 21: M. quadriceps dehnen.....	81
Abb. 22: Ischiocrurale Muskulatur dehnen	82
Abb. 23: M. triceps surae dehnen	82
Abb. 24: Adduktoren dehnen	83
Abb. 25: Abduktoren dehnen	83
Abb. 26: Hüftbeuger dehnen	84

Abb. 27: Fußgelenksläufe und Kniehebelauf	85
Abb. 28: Anfersen	85
Abb. 29: Inchworm.....	86
Abb. 30: Inchworm.....	86
Abb. 31: Ausfallschritt + Oberkörperseitneigung	87
Abb. 32: Seitlicher Ausfallschritt.....	88
Abb. 33: Das gestreckte Bein anheben.....	88
Abb. 34: Histogramm „DiffSPRUNG“	91
Abb. 35: Histogramm „Diff10Y“	91
Abb. 36: Histogramm „Diff40Y“	91
Abb. 37: Mittelwerte Sprunghöhe. Es gibt einen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,026$). ...	93
Abb. 38: Mittelwerte 10 -Yards-Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,118$).....	95
Abb. 39: Mittelwerte 40 -Yards-Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) ($p = 0,485$).....	96
Abb. 40: Mittelwerte 10-Yards-Sprint und 40- Yards- Sprint. Es gibt keinen signifikanten Unterschied ($\alpha \leq 0,05$) (10 Yards $p = 0,118$) und (40 Yards $p = 0,485$).....	96

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Unterschiede in der Muskelfaserzusammensetzung	23
Tab. 2: Vergleich von unterschiedlichen Dehnprotokollen und deren Ergebnisse	50
Tab. 3: Mittelwert für Männer und Frauen nach verschiedenen Stretch-Interventionen.....	57
Tab. 4: Mittelwert und Standardabweichung für nicht Dehnen, ballistisches Dehnen und dynamisches Dehnen, hinsichtlich der Sprunghöhe, Kraft und Power.	63
Tab. 5: Pre- und Postsprintzeiten.....	65
Tab. 6: Unterschiedliche Reihenfolge des Aufwärmens	70
Tab. 7: Das Aufwärmprogramm.....	71
Tab. 8: Resultate der vertikalen Sprunghöhe	72
Tab. 9: Deskriptive Statistik.....	89
Tab. 10: Tests auf Normalverteilung.....	90
Tab. 11: Statistik bei gepaarten Stichproben.....	92
Tab. 12: Korrelationen bei gepaarten Stichproben.....	93
Tab. 13: Test bei gepaarten Stichproben.....	93
Tab. 14: Statistik bei gepaarten Stichproben.....	94
Tab. 15: Korrelationen bei gepaarten Stichproben.....	94
Tab. 16: Test bei gepaarten Stichproben	94
Tab. 17: Statistik bei gepaarten Stichproben.....	95
Tab. 18: Korrelationen bei gepaarten Stichproben.....	95
Tab. 19: Test bei gepaarten Stichproben	95
Tab. 20: Der Effekt des Dehnens auf die Sprunghöhe und die Sprintzeit.....	98

Anhang

EUROPÄISCHER LEBENS LAUF



Angaben zur Person

Name	GRÄTZ MICHAEL
Adresse	Schwartzstrasse 5/6 2500 Baden
Telefon	+43 650 – 33 55 880
Staatsangehörigkeit	Österreich
Geburtsdatum	09. Juli.1984

Universitäre Ausbildung

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Datum (von – bis) | Oktober 2008 bis heute |
| <ul style="list-style-type: none">• Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung | Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport -
Universität Wien
Auf der Schmelz 6
1150 Wien |
| <ul style="list-style-type: none">• Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten | Ausbildung zum Magister der
Sportwissenschaften |
| <ul style="list-style-type: none">• Datum (von – bis) | 30. Juni 2008 |
| <ul style="list-style-type: none">• Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung | Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport -
Universität Wien
Auf der Schmelz 6
1150 Wien |
| <ul style="list-style-type: none">• Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten | Bakk.rer.nat. Sportmanagement |

Fachspezifische Weiterbildung

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Datum (von – bis) | 26. September 2009 bis heute |
| <ul style="list-style-type: none">• Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung | Vereinigung Österr. Sportmasseure u.
Sporttherapeuten & Österr. Gesellschaft f.
Sportphysiotherapie (VÖSM&ÖGS)
Liese Prokop Platz 1
2344 Ma. Enzersdorf |
| <ul style="list-style-type: none">• Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten | Ausbildung zum staatlich geprüften Sportmasseur |
| <ul style="list-style-type: none">• Datum (von – bis) | 26. Juli 2009 – 25. September 2009 |
| <ul style="list-style-type: none">• Name und Art der Bildungs- oder | Genehmigte Privatilehranstalt in Massage – |

Ausbildungseinrichtung	Ausbildung - Herricht Herrengasse 14 1010 WIEN
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Lehrgang für klassische Massage (mit sehr gutem Erfolg bestanden)
Datum (von – bis)	Schuljahr 2007 - 2008
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Bafl (Bundesanstalt für Leibeserziehung) Auf der Gugl 30 4020 Linz
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Trainern für Allgemeine Körperausbildung (Fitness) mit ausgezeichnetem Erfolg bestanden
Datum (von – bis)	Wintersemester 2005
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport - Universität Wien Auf der Schmelz 6 1150 Wien
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Snowboard Begleitlehrer
Datum (von – bis)	Schuljahr 2004 - 2005
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Bafl (Bundesanstalt für Leibeserziehung) Auf der Gugl 30 4020 Linz
Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten	Lehrwarten für Allgemeine Körperausbildung (Studio) mit ausgezeichnetem Erfolg bestanden.
<u>SCHULBILDUNG</u>	
Datum (von – bis)	04. September 1994 - 13. Juni 2003 (Maturazeugnis)
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Biondegasse 6 2500 Baden
Datum (von – bis)	04. September 1990 – 01. Juli 1994
Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung	Übungsvolksschule Pädagogische Akademie Mühlgasse 67 2500 Baden
<u>Berufserfahrung</u>	
Datum (von - bis)	November 2003 bis heute
Name und Adresse des Arbeitgebers	Brusattiplatz 4 2500 Baden bei Wien
Beruf oder Funktion	Fitnesstrainer (freier Dienstnehmer)
Wichtigste Tätigkeiten und	Durchführung von Fitchecks, Wassergymnastik,

Zuständigkeiten	Aquajogging, Nordic Walking, Statistikerstellung (Fitnessgäste), Verkauf von Mitgliedschaften, Anwerben von Neukunden, Beratungsgespräche, Rezeptionstätigkeiten, Dienstplanvorschläge
• Datum (von - bis) • Name und Adresse des Arbeitgebers • Beruf oder Funktion • Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	September 2007 G4S Security Services AG Dresdner Straße 91/1 1200 Wien Sicherheitsdienstmitarbeiter Wachdienst
• Datum (von - bis) • Name und Adresse des Arbeitgebers • Beruf oder Funktion • Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	September 2005 Jugendstrafanstalt Gerasdorf 2731 Gerasdorf am Steinfeld Freiwillige Sozialarbeit, Defensive Back Coach Leitung des Aufwärmens; Allgemeine Übungen zur Verbesserung der Agilität, Reaktion, Quickness und des Speeds; Footballspezifische Übungen
• Datum (von - bis) • Name und Adresse des Arbeitgebers • Beruf oder Funktion • Wichtigste Tätigkeiten und Zuständigkeiten	August 2005 - November 2006 American Football-Vereins „Tigers“ (vormals Bruins) 2500 Baden Defensive Coach der Junioren Leitung des Aufwärmens; Allgemeine Übungen zur Verbesserung der Agilität, Reaktion, Quickness und des Speeds; Footballspezifische Übungen; Betreuung des Krafttrainings
• Datum (von - bis) • Name und Adresse des Arbeitgebers • Beruf oder Funktion	September 2003 - Februar 2004 MEC Magna Racino Veranstaltungs GmbH Racino Platz 1 2483 Ebreichsdorf Sicherheitsdienstmitarbeiter und Bühnenarbeiter
<u>Persönliche Fähigkeiten und Kompetenzen</u>	
MUTTERSPRACHE	DEUTSCH
SONSTIGE SPRACHEN	ENGLISCH
• Lesen • Schreiben • Sprechen	ausgezeichnet ausgezeichnet ausgezeichnet

- Lesen
- Schreiben
- Sprechen

SPRACHKURSE

- **Datum (von – bis)**
- Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung
- Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten

FRANZÖSISCH

Grundkenntnisse
Grundkenntnisse
Grundkenntnisse

- **Datum (von – bis)**
- Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung
- Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten

27. Juni – 22. Juli 2005
EF International School of English
Miami Beach
USA

EF Language Course Certificate

- **Datum (von – bis)**
- Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung
- Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten

29. April – 11. Mai 2002
Oakville Trafalgar High School
Oakville (Ontario)
Kanada

2-wöchiger Schulsprachkurs

- **Datum (von – bis)**
- Name und Art der Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung
- Hauptfächer/berufliche Fähigkeiten

18. Februar 2002
Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium
Biondegasse 6
2500 Baden
Successfull Presentation

Soziale Fähigkeiten und Kompetenzen

7. Juli – 3. August 1999
EF International School of English
Alta Loma (Kalifornien)
USA
EF Language Course Certificate

kommunikationsfreudig
teamfähig
konfliktfähig
motiviert
verantwortungsbewusst

Ich erwarb diese Fähigkeiten während der Arbeit mit Kunden, Kollegen und als Mitglied eines American Football, Basketball, Leichtathletik und eines Gewichthebervereins, sowie auf zahlreichen Auslandsreisen.

Organisatorische Fähigkeiten und Kompetenzen

selbstständig
zielbewusst
belastbar
organisationsfreudig

Ich erwarb meine Kompetenzen an der Universität, der BAfL, bei der Arbeit und im Sport.

Computerkenntnisse

Word
Excel
Power Point
Access
Internet und E-Mail
SPSS

Sonstige Fähigkeiten und Kompetenzen

ehrgeizig
flexibel
ausdauernd

FÜHRERSCHEIN(E)

A und B, seit 29. August 2002
Boat Skipper / Kat. B, seit 26. August 2009

Sportliche Erfahrung

- **Datum (von – bis)**
- Sportart
- Verein

1998 - 1999
Basketball
Oberwaltersdorf Comets

- **Datum (von – bis)**
- Sportart

1999 bis heute
Krafttraining

- Datum (von – bis)
- Sportart
- Verein

1999 – 2003
American Football
AFC Südstadt Rangers

- **Datum (von – bis)**
- Sportart
- Verein

2003 – 2007
American Football
Baden Bruins

• Datum (von – bis) • Sportart • Verein	2005 – 2007 Olympisches Gewichtheben Badener AC-Gewichtheben
• Datum (von – bis) • Sportart • Verein	2007 bis heute American Football Lower Austrian Titans