

Aus dem Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte  
Prävention und Rehabilitation der Deutschen Sporthochschule Köln

Geschäftsführender Leiter: Univ. Prof. Dr. Ingo Froböse

---

**Akupunktur und Bewegungstherapie  
bei degenerativer Erkrankung des Kniegelenks**

—

**Evaluation der Effektivität eines 12- wöchigen  
Trainingsprogramms in Kombination mit Akupunktur  
hinsichtlich Schmerzen, Funktion und Lebensqualität  
bei Patienten mit Gonarthrose**

Von der Deutschen Sporthochschule Köln  
zur Erlangung des akademischen Grades

Ph. D.Exercise Science

genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Yu Xiao

aus Shenyang, China

2011

Vorsitzende des Promotionsausschusses: Univ. Prof. Dr. I. Hartmann-Tews

1. Referent: Univ. Prof. Dr. I. Froböse

2. Referent: Univ. Prof. Dr. K. Schüle

Tag der mündlichen Prüfung:

14. 07. 2011

Hierdurch versichere ich an Eides statt: Ich habe diese Arbeit selbstständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Zitate, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht.

## **Danksagung**

Zu allererst gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Univ. Prof. Dr. Ingo Froböse für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Versuchsplanung und Durchführung.

Für die spontane Kooperationsbereitschaft danke ich Frau Dr. Birgit Schulte-Frei, die die Durchführung der Untersuchung dadurch ermöglichte, dass sie Geräte und Räume zur Verfügung stellte, zudem danke ich Herrn Dr. Peter Konrad für die technische Beratung. Zusätzlich gilt mein Dank Frau Cornelia Schmitz, die durch Unterstützung kurzfristig die Durchführung einer Trainingsstudie ermöglichte. Ein wichtiges Dankeschön gilt allen meinen Probanden, ohne deren Hilfe und Teilnahmebereitschaft diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zuletzt bedanke ich mich bei meinem Mann und meinem Sohn für ihre Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
2. Problemstellung.....	9
2.1. Ätiologie der Arthrose.....	9
2.2. Pathologie der Arthrose.....	10
2.3. Diagnostik der Gonarthrose.....	12
2.4. Behandlungsmöglichkeiten von Gonarthrose.....	13
2.5. Studienansatz.....	22
3. Methodik.....	24
3.1. Zielsetzung und Hypothesen.....	24
3.2. Untersuchungsgut.....	24
3.3. Untersuchungsgang.....	26
3.4. Bewegungstherapie.....	29
3.5. Akupunktur.....	36
3.6. Messparameter und Verfahren.....	39
3.6.1. Gehstest.....	39
3.6.2. Isokinetische Muskelkraftmessung.....	40
3.6.3. Elektromyographie (EMG).....	42
3.6.4. SF-36 und WOMAC.....	48
3.7. Statistik.....	51
4. Ergebnisdarstellung.....	53
4.1. Ausdauerleistungsfähigkeit.....	53
4.2. Ergebnisse der isokinetischen Messungen.....	55
4.2.1. Maximales Drehmoment.....	56

4.2.2.	Verhältnis des maximalen Drehmoments der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren .....	60
4.2.3.	Gesamte Arbeit .....	62
4.3.	Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten (EMG-Messung) .....	67
4.3.1.	Qualitative Darstellung der neuromuskulären Ansteuerung bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s .....	68
4.3.2.	Quantitative Darstellung der neuromuskulären Ansteuerung .....	83
4.4.	SF-36 .....	89
4.4.1.	Körperliche Funktionsfähigkeit und körperliche Rollenfunktion .....	89
4.4.2.	Körperliche Schmerzen .....	92
4.4.3.	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden .....	93
4.4.4.	Körperliche Summenskala und psychische Summenskala .....	96
4.5.	WOMAC-Score .....	98
4.6.	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	101
4.6.1.	Ausdauerleistungsfähigkeit und isokinetische Messung .....	101
4.6.2.	Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten (EMG-Messung) .....	102
4.6.3.	WOMAC-Score .....	104
4.6.4.	SF-36 .....	104
5.	Diskussion .....	106
5.1.	Methoden .....	106
5.1.1.	Bewegungstherapie .....	106
5.1.2.	Akupunktur .....	109
5.1.3.	Gehtest .....	113
5.1.4.	Isokinetische Maximalkraft-Messungen .....	115

5.1.5.	EMG-Messung .....	116
5.2.	Diskussion der Ergebnisse .....	119
5.2.1.	Ausdauerleistungsfähigkeit .....	119
5.2.2.	Isokinetische Untersuchung .....	121
5.2.3.	Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten.....	125
5.2.4.	Patientenfragebögen (WOMAC und SF-36).....	128
5.2.5.	Limitation .....	131
5.3.	Zusammenfassung der Diskussion.....	132
6.	Zusammenfassung .....	136
7.	Literaturverzeichnis.....	140
8.	Anhang.....	158
9.	Abkürzungsverzeichnis .....	166
10.	Abbildungsverzeichnis .....	168
11.	Tabellenverzeichnis .....	173

## 1. Einleitung

Die Arthrose ist eine fortschreitende und degenerative Gelenkerkrankung. Sie gehört zu den häufigsten und sozialmedizinisch bedeutendsten chronischen Krankheiten im Erwachsenenalter, insbesondere der älteren Bevölkerung (vgl. Engelhardt, 2003). Bei den über 55-Jährigen erreicht die schmerzhafteste Einschränkung der Gelenkfunktion eine Prävalenz von etwa 10 %. Von diesen 10 % ist ein Viertel im Alltag schwer behindert (vgl. Peat et al., 2001).

Die Patienten leiden unter einem diffusen Gelenkschmerz, dem Gefühl der Steifigkeit, Muskelschmerzen und im weiteren Verlauf oftmals auch unter Kontrakturen. Sie erfahren durch Schmerzen sowie Einbußen in der Bewegungsmöglichkeit und der körperlichen Belastbarkeit eine erhebliche Einschränkung ihrer Lebensqualität (vgl. Petersson, 2002). Die Arthrose tritt in den großen, stärker belasteten Gelenken auf. Gonarthrose, die häufigste Arthrose im Bereich der großen Gelenke, ist eine der häufigsten Ursachen für Arbeitsunfähigkeit und Frühverrentung (vgl. David & Felson, 2004). Degenerative Erkrankungen nehmen nicht nur durch ihre sozio-ökonomische Bedeutung hinsichtlich akuter Kosten einer stationären oder ambulanten Behandlung eine herausragende Stellung im Rahmen der volkswirtschaftlichen Aufwendungen ein. Die meisten chronischen Erkrankungen, denen in der Regel eine irreversible Schädigung des Stütz- und Bewegungsapparates zugrunde liegt, verursachen zusätzlich noch höhere Folgekosten durch Arbeitsausfälle, Rentenzahlungen und Maßnahmen der Rehabilitation (vgl. Puhl, 1997).

Eine kausale Therapie ist zurzeit noch nicht möglich. Deswegen ist es sinnvoll, das Fortschreiten des eigentlichen Krankheitsprozesses zu unterbrechen oder wenigstens zu verzögern. Neben anderen Behandlungsmethoden stellen hier Bewegungstherapie und Akupunktur wertvolle Therapieformen dar. Es ist daher notwendig, den Erfolg bisher vorhandener Behandlungsmöglichkeiten auf ihre Effektivität hin wissenschaftlich zu überprüfen.

Bewegungstherapie kann einen positiven Effekt hinsichtlich der Symptomatik und der Verbesserung der Funktion bewirken. Viele Experten meinen (vgl. Semble et al., 1990; Hoffman, 1993; Ytterberg et al., 1994), dass ein Training für Patienten mit Gonarthrose insbesondere Übungen für Kraft und Ausdauerfähigkeit, Beweglichkeit, Koordination und Gleichgewicht beinhalten sollte. Durch die Bewegung sollen therapeutische Effekte erzielt werden, wie z. B. eine Kräftigung der kniegelenkumgebenden Muskulatur, eine Erhöhung der

Kniegelenksbeweglichkeit, eine Verbesserung der Koordination, insbesondere der Gleichgewichtsfähigkeit, und eine Linderung von Schmerzen.

Akupunktur ist ein wesentlicher therapeutischer Bestandteil der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) und wird in Asien seit ca. 2500 Jahren zur Prävention und Behandlung verschiedenster Krankheiten eingesetzt (vgl. Pearl & Schrollinger, 1999). Akupunktur wird zunehmend vor allem bei der Behandlung von Schmerzen auch in westlichen Ländern eingesetzt. Seit dem Jahr 2000 werden in Deutschland die Akupunkturstudien, die randomisierten, kontrollierten Studien „Acupuncture randomised trials (ART)“ und „German Acupuncture Trials (Gerac)“ durchgeführt, um die Wirksamkeit von Akupunktur zu prüfen (vgl. Bäcker et al., 2006; Witt et al., 2006 a). Durch indikationsspezifisch signifikante und klinisch relevante Wirkungen der Nadelstimulation erzielt die Akupunktur einen zunehmenden Stellenwert in der Schmerztherapie bei Arthroseschmerzen und eine signifikante Zunahme der Kniegelenkfunktion im Vergleich zur nicht behandelten Kontrollgruppe (vgl. Ezzo et al., 2001).

In der Literatur finden sich einige Studien, die Bewegungstherapie mit unterschiedlichen Therapiemethoden kombinieren (elektrische Nervenstimulation, Medikamente, Akupunktur, Gewichtskontrolle, Manuelle Therapie) jedoch erreichten sie meist keine deutliche Verbesserung der Funktion und keine klare Linderung der Schmerzen im Vergleich zu anderen Maßnahmen (vgl. Stitik et al., 2007; Messier et al., 2007; Foster et al., 2007; Kawasaki et al., 2008; Gremeaux et al., 2008; Berman et al., 2004; Miller et al., 2006; Wang et al., 2008).

Obwohl sich in der Studie von Foster (2007) eine klinische Wirksamkeit der Akupunktur als zusätzliche Behandlung in der Bewegungstherapie bei Gonarthrose nicht nachweisen ließ, findet sich Literatur, dass Akupunktur die Ausdauerleistungsfähigkeit von Leistungssportlern verbessern konnte (vgl. Kaada, 1984; Lin et al., 2009). Es zeigte sich nach einmaliger Akupunktur eine signifikante Steigerung der Maximalkraft und der myoelektrischen Aktivität der betroffenen Quadrizepsmuskulatur bei Patienten mit vorderer Kreuzbandplastik (vgl. Ludwig, 2001a). Bisher sind mögliche Effekte einer Kombinationstherapie (Akupunktur-kombinierte Bewegungstherapie) auf die biomechanische Leistungsfähigkeit bei Gonarthrose-Patienten jedoch nicht bekannt. Hieraus ergeben sich folgende Fragen: Ist es möglich, nach mehrmaligen Akupunkturbehandlungen in Kombination mit der Bewegungstherapie eine signifikante Erhöhung der Leistungsfähigkeit des erkrankten Systems zu er-

reichen? Spielt der Anfangszeitpunkt der Akupunkturbehandlung in der Bewegungstherapie eine große Rolle?

In der vorliegenden Studie soll die Effektivität der Kombination von Akupunktur und Bewegungstherapie evaluiert werden. Dies erfolgt anhand einer isokinetischen Maximalkraftmessung der Knieextensoren und -flexoren, einer Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit sowie einer Elektromyographie-Messung (EMG) der neuromuskulären Ansteuerung in den Oberschenkel-Muskelgruppen. Ebenso werden zwei Fragebögen eingesetzt, SF-36 und WOMAC, um die biomechanischen Veränderungen und Auswirkungen auf Schmerz, Beweglichkeit und Tätigkeiten im Alltag und die daraus resultierende Lebensqualität der Patienten darzustellen und zu vergleichen. Hieraus folgend wird die Wirksamkeit der Kombinationsbehandlung von Akupunktur und Bewegungstherapie diskutiert und analysiert.

## **2. Problemstellung**

### **2.1. Ätiologie der Arthrose**

Es werden grundsätzlich primäre von sekundären Arthroseformen unterschieden (vgl. Altman, 1987). Die Ursache der primären Arthrose ist bisher nicht zufriedenstellend geklärt. Es wird unter anderem eine biologische Minderwertigkeit des Knorpels diskutiert, die möglicherweise genetisch bedingt ist. Einige wenige Risikofaktoren (Alter, Geschlecht, genetische Disposition) scheinen bei der primären Arthrose eine gewisse Rolle zu spielen.

Die sekundäre Arthrose entsteht aufgrund bekannter schädigender Faktoren. Zum Ausbruch der Erkrankung führen z. B. posttraumatische Veränderungen, mechanische Faktoren, Stoffwechselerkrankungen oder eine gelenkspezifische Vorschädigung.

Zu den posttraumatischen Veränderungen gehören nicht nur Frakturen und schwere Kontusionen der Gelenkfläche mit unmittelbarer Knorpelschädigung, sondern auch diskoligamentäre Verletzungen.

Mechanische Ursachen einer Arthroseentstehung können Varus- bzw. Valgusdeformitäten der unteren Extremitäten sowie ausgeprägte Beinlängendifferenzen sein. Diese präarthrotischen Deformitäten führen für die Betroffenen zu einem weitaus höheren Risiko, an einer Arthrose zu erkranken. Solche Alterationen vom regulären Aufbau des Gelenkes führen dazu, dass kleine Bezirke der Gelenkfläche einem Vielfachen des normalen Drucks ausgesetzt sind (vgl. Sharma, et al., 1997).

Übergewicht spielt eine Rolle und wird bei beidseitiger Gonarthrose in direktem Zusammenhang zum Körpergewicht gesehen (vgl. Felson, et al., 1992). Weiterhin sollen außergewöhnliche berufliche und sportliche Belastungen, die mit repetitiver mechanischer Fehlbeanspruchung des Gelenkes einhergehen, zu einer Inzidenzsteigerung osteoarthrotischer Gelenkveränderungen führen (vgl. Felson, 2004).

Verschiedene Stoffwechselerkrankungen werden ebenfalls für die Entstehung sekundärer Arthrose verantwortlich gemacht. Bei Hyperlipoproteinämien, Hypothyreosen, Hyperparathyreoidismus, Hämochromatose und bei Ochronosen ist eine erhöhte Arthroseprävalenz nachgewiesen. Ebenso ist bei gelenkspezifischen Vorschädigungen, wie z. B. Meniskus- oder Kreuzband-

verletzungen im Knie, die Gelenkphysiologie dauerhaft verändert und kann das empfindliche physiologische Gleichgewicht des Gelenkes stören (vgl. Felson, 2004).

Weiterhin scheinen auch hormonelle Veränderungen, wie z. B. in den Wechseljahren der Frau, Einfluss auf den Stoffwechsel des Knorpels zu nehmen (vgl. Sandmark, et al., 1999; Richette, et al., 2003).

## **2.2. Pathologie der Arthrose**

Die strukturelle Einheit des synovialen Gelenkes erfüllt Funktionen, welche im komplexen Zusammenspiel diverser Gewebe zustande kommen. Die hauptsächlich beteiligten Gewebearten sind dabei der hyaline Gelenkknorpel, die Synovialmembran, das subchondrale Knochengewebe sowie der umschließende Kapsel-Bandapparat. Aufgrund der engen funktionellen Verknüpfung der beteiligten Gewebe ist auch bei pathologischen Prozessen selten nur eine Gewebeart allein beteiligt, sondern die Veränderungen sind das Resultat von interferierendem Zusammenwirken der genannten Komponenten. Eine zentrale Rolle kommt dabei sowohl in der Physiologie als auch in der Pathologie der Gelenke dem hyalinen Knorpel zu (vgl. Puhl, 1997).

Chondrozyten haben keine Zellkontakte untereinander. Daher muss die Kommunikation zwischen den Zellen über die extrazelluläre Matrix (EZM) erfolgen. Kollagenmoleküle formen fibrilläre Elemente und ein wasserunlösliches dreidimensionales Netz, in das andere lösliche Komponenten wie Proteoglykane, Glykoproteine und gewebsspezifische Proteine eingebettet oder in dem sie sogar chemisch gebunden sind. Proteoglykane bilden eine in der EZM des Knorpels vorkommende hydrophile Molekülgruppe, die in das fibrilläre Netzwerk der Kollagene in einer unterhydrierten Form eingebettet ist. Wasser macht im Knorpel des Erwachsenen etwa 70 % des gesamten Gewichts aus. Es ist wie die makromolekularen Komponenten eng an die EZM gebunden. Dieses Wasser weicht bei Belastung in die Umgebung aus und strömt bei Entlastung wieder zurück. Ein solches Verhalten sorgt zusammen mit dem stabilen Kollagen-Proteoglykan-Netzwerk nicht nur für eine hervorragende Viskoelastizität des Gewebes, sondern ermöglicht über die Wasserbewegungen den Austausch von Nährstoffen mit der Gelenkflüssigkeit. Ein Wechselspiel zwischen Be- und Entlastung ist für gesundes Knorpelgewebe, das über keine Blutversorgung verfügt, somit unabdinglich (vgl. Ghosh & Cheras, 2001; Machan, 1983).

Unter physiologischen Bedingungen regulieren Chondrozyten ein dynamisches metabolisches Fließgleichgewicht, in dem sich Anabolismus (Synthese von Matrixmolekülen) und Katabolismus (Degradation und Verlust von Matrix) die Waage halten.

Der Knorpel ist nicht nur besonders empfindlich gegenüber Störungen des metabolischen Gleichgewichts, eventuell entstehende Schäden sind wegen der geringen Regenerationsfähigkeit des Knorpelgewebes vor allem bei Personen über 30 Jahren auch irreversibel (vgl. Rosset al., 1995).

Die Entstehung der Arthrose resultiert aus einem Ungleichgewicht zwischen Synthese und Abbau der extrazellulären Matrix. Dies führt zu einer molekularen Kaskade und damit zur Knorpeldegradation. Hier spielen die Regulation des Chondrozytenstoffwechsels durch Zytokine und Wachstumsfaktoren, die molekulare Kontrolle der Matrixmoleküle durch bestimmte Enzyme (Matrixmetalloproteasen) sowie deren Inhibitoren eine zentrale Rolle.

Es findet vorwiegend ein Abbau der extrazellulären Matrix statt, wobei als Reparaturversuch die metabolische Aktivität der Chondrozyten gesteigert wird. Dabei sind Wachstumsfaktoren wie Insulin-like Growth Factor (IGF) oder Transforming Growth Factor (TGF) die wesentlichen Modulatoren der Chondrozytenproliferation. Auf der anderen Seite vermitteln Interleukin 1 und Tumor Necrosis Factor (TNF) den Abbau der extrazellulären Matrix.

Durch diese Zytokine kommt es zu einer gesteigerten Aktivität von Kollagenasen und dadurch zum Abbau von Kollagen und durch eine vermehrte Aktivität von Metalloproteasen zum Verlust von Proteoglykanen. Da die zuletzt genannten Wasser binden, kommt es zu einer Reduktion des Wassergehaltes im Knorpel. Folglich kommt es zu einem Verlust der biomechanischen Knorpel-eigenschaften. Der weitere Verlauf ist durch eine Abnahme der Chondrozytenanzahl gekennzeichnet, welche aus einer sich verschlechternden metabolischen Situation resultiert.

Makroskopisch ist nach initialer Knorpelerweichung die Bildung von Rissen an der Knorpeloberfläche erkennbar, welche nach und nach in tiefere Knorpelschichten vordringen. Durch zusätzlichen kontinuierlichen Knorpelabrieb kommt es zum vollständigen Verlust des Gelenkknorpels mit Freilegung des subchondralen Knochens (vgl. Sulzbacher, 2000).

Neben dem Gelenkknorpel ist auch die subchondrale Knochenplatte durch das arthrotische Geschehen betroffen: Unter dem Einfluss von Wachstumsfaktoren und Zytokinen stellen die gelenknahen Osteozyten ihren Zellmetabolismus um. Die Folge ist ähnlich wie in der Knorpelzelle eine erhöhte Aktivität sowohl in der Knochenbildung als auch in der Resorption. Der subchondrale Knochen wird dadurch zwar dichter, verliert aber seine Balkenstruktur und ist weniger mineralisiert (vgl. Lajeunesse, 2004).

Neben den schmerz- und schwellungsbedingten Bewegungseinschränkungen und -störungen und der ungleichen Seitenbelastung (vgl. Messier, 1994) ist die Schwäche der Quadrizepsmuskulatur ein herausragendes klinisches Phänomen der betroffenen Knie. Dies wird als ein wesentlicher Faktor für die Behinderung von Gonarthrosepatienten angesehen (vgl. McAlindon & Cooper, 1993). Die Folge sind ein Tonusverlust und die Atrophie der über das Knie verlaufenden Streckmuskulatur sowie eine gestörte Wahrnehmung und Koordination der Bewegungsabläufe (vgl. Hinman, et al., 2002).

Das Phänomen arthrogene Muskelinhibition (AMI) wird mit Veränderungen afferenter Informationen durch die bestehende Gelenkschädigung begründet und führt zu einer reflektorischen Hemmung efferenter Quadrizepsmotoneurone (vgl. Strokes & Yong, 1984). Diese Störungen der Kniegelenksfunktion werden besonders bei Tätigkeiten wie Laufen, Treppensteigen oder Aufstehen aus einem Stuhl beobachtet (vgl. Fische & White, 1997; Hurly & Scott, 1998), die sich negativ auf die Lebensqualität auswirken, und für den Gelenkknorpel eine Mehrbelastung durch erhöhten Spitzendruck bedeuten, die im gesunden Gelenk abgefedert wird (vgl. Hurwitz, et al., 2000).

### **2.3. Diagnostik der Gonarthrose**

Die Diagnose wird durch die Anamnese und die klinische Untersuchung gestellt. Die standardisierte radiologische Diagnostik ist sehr gut geeignet, höhergradige Schäden am Gelenk relativ sicher nachzuweisen bzw. auszuschließen. Die Stadieneinteilung der Gonarthrose erfolgt nach radiologischen Kriterien.

Tab. 2.1: Klassifikation der Gonarthrose nach Wirth 2001

Schweregrad		Radiologische Kriterien
Grad I	Initiale Gonarthrose	Geringfügige Ausziehungen an der Eminentia intercondylaris und den gelenkseitigen Patellapolen
Grad II	Mäßige Gonarthrose	Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, mäßige Verschmälerung des Gelenkspaltes, beginnende Abflachung der Femurkondylen, mäßige subchondrale Sklerosierung
Grad III	Mittelgradige Gonarthrose	Hälfthige Verschmälerung des Gelenkspaltes, deutliche Entrundung der Femurkondylen, osteophytäre Randwulstbildung an Tibiakonsolen, der Eminentia intercondylaris, den Innenkanten der Femurkondylen und den gelenkseitigen Patellapolen, ausgeprägte subchondrale Sklerosierung
Grad IV	Ausgeprägte Gonarthrose	Gelenkdestruktion mit ausgeprägter Verschmälerung bis Aufhebung des Gelenkspaltes und unruhiger Randkontur, zystische Veränderungen an Tibiakopf, Femurkondylen und Patella, Subluxationsstellung des Femurs gegenüber der Tibia

Eine häufig verwendete Einteilung ist die radiologische Klassifikation nach Wirth, C. J. (2001) (Tab. 2.1), die jedoch nur bedingt – beschränkt auf höhergradige Schäden – geeignet ist. In der Initialphase der Knorpelschädigung, die für die Pathogenese der Arthroseentstehung entscheidend ist, sind die MRT-Befunde sehr kritisch zu werten. Aber auch die Arthroskopie kann genaue Informationen über erste arthrotische Veränderungen des Gelenkes liefern (vgl. Gunter, 2004).

#### **2.4. Behandlungsmöglichkeiten von Gonarthrose**

Jedes Behandlungskonzept der Arthrose verfolgt die Ziele, einerseits die Beschwerden des Patienten zu lindern und die Funktion wiederherzustellen, andererseits das Fortschreiten des eigentlichen Krankheitsprozesses zu unterbrechen oder wenigstens zu verzögern. Die Empfehlungen der European League against Rheumatism für die Therapie der Gonarthrose sind in Tab. 2.2 dargestellt. Diese Maßnahmen sollten während der gesamten Erkrankung weitergeführt werden.

Als allgemeine Therapiemaßnahmen für Gonarthrose stehen am Anfang die Beratung und Information des Patienten. Sie umfassen die Aufklärung über den natürlichen Verlauf der Osteoarthrose und ebenso Themen wie Verhalten im Alltag, Übergewicht, Bewegungsmangel sowie körperliche Belastung in Beruf und Sport.

Tab. 2.2: Therapieempfehlungen für das Management der Gonarthrose (vgl. Stöve, 2005)

1. Behandlung der Gonarthrose an den individuellen Bedürfnissen des Patienten ausrichten (Risikofaktoren, Schmerzintensität und Beeinträchtigung, Entzündungszeichen, Grad der Gelenkschädigung).
2. Behandlung der Gonarthrose aus einer Kombination nicht medikamentöser und medikamentöser Therapie.
3. Die nicht medikamentöse Therapie der Gonarthrose sollte Patientenschulung, Übungsbehandlung, orthopädische Hilfsmittel (Gehstützen, Einlagen, Orthese) und Gewichtsreduktion umfassen.
4. Paracetamol ist das orale Analgetikum der ersten Wahl.
5. SYSADOA sind bei der Gonarthrose symptomatisch wirksam.
6. Opioide mit oder ohne Paracetamol sind zu empfehlen, wenn NSAR oder COX-2-Hemmer kontraindiziert oder ineffektiv sind.
7. Die intraartikuläre Injektion lang wirksamer Kortikoide bei akuter Schmerzexazerbation, v.a. wenn von Ergüssen begleitet.
8. NSAR sind indiziert bei Patienten, die nicht auf Paracetamol ansprechen.
9. Die topische Anwendung von NSAR und Capsaicin ist effektiv und sicher.
10. Gelenkersatzoperationen sind indiziert bei radiologisch gesicherter Gonarthrose und persistierenden Schmerzen mit Behinderung.

## **Bedeutung der Akupunktur in der Rehabilitation**

Akupunktur ist ein wesentlicher therapeutischer Bestandteil der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) und wird in Asien seit ca. 2500 Jahren zur Prävention und Behandlung verschiedenster Krankheiten eingesetzt (vgl. Pearl & Schrollinger, 1999). Verglichen mit der westlichen naturwissenschaftlich begründeten Medizin ist die TCM, somit auch die Akupunktur, eine dialektische Naturphilosophie. Sie beeinflusst das Verhältnis von Yin und Yang und betont die Sichtweise der Ordnung und der Klassifikation in die fünf Wandlungsphasen oder Zangfu als spezielle Anwendung in der Physiologie und Pathophysiologie (vgl. Bachmann, 2000).

Die Akupunktur wird zurzeit immer stärker in der Praxis bewertet. Insbesondere ist ihr hauptsächliches Einsatzgebiet die Behandlung von Schmerzzuständen (vgl. Bullock et al., 1997). Als Forschungsergebnisse existieren zahlreiche Grundlagenforschungen an Tieren. Ihre Schwerpunkte sind Untersuchungen zu den neurobiologischen Mechanismen der Akupunkturanalgesie (AA), hingegen ist die Zahl der klinisch-kontrollierten Forschungen am Menschen vergleichsweise gering. Folgende physiologische Wirkungen konnten für die Mechanismen der AA gezeigt werden (vgl. Irnich & Bayer, 2002):

- Periphere Gefäßregulation:  
periphere Ausschüttung von Substanz P und CGRP („calcitonin gene related peptide“) mit Erhöhung der lokalen Durchblutung.
- Endogene opioid- und nicht opioidvermittelte Akupunkturanalgesie:  
zentrale Freisetzung von  $\beta$ -Endorphin, Met-Enkephalin, Dynorphin, Orphanin Q und Endomorphin, Serotonin, Noradrenalin, GABA ( $\gamma$ -Aminobuttersäure), D-Phenylalanin, Neurokinin A, Neuropeptid Y.
- Segmentale und heterosegmentale Inhibition auf spinaler Ebene:  
durch Reizung afferenter C-, A $\delta$ - und A $\beta$ -Fasern und nach dem Mechanismus der diffusen Schmerzhemmung („diffuse noxious inhibitory control“, DNIC).

Aus Forschungsergebnissen der neurobiologischen Grundlagenforschung erweist sich Akupunktur als effektive Methode mit kurzfristiger analgetischer Wirkung. Dennoch fehlt bisher eine umfassende Theorie zu den Wirkmechanismen, welche die therapeutischen Langzeiteffekte erklären.

Aus Überlieferung und Erfahrung sind Kopfschmerzen sowie schmerzhafte Störungen des Bewegungssystems (Nozizeptorschmerz) Haupteinsatzgebiete der Akupunktur. Neuropathische Schmerzen werden ebenfalls mit Erfolg behandelt (vgl. Bäcker & Hammes, 2005). Bei Kopfschmerzen, Lendenwirbelsäulen(LWS)-Schmerzen, temporomandibulärer Dysfunktion, Fibromyalgie, Arthrose (Osteoarthritis) des Kniegelenks und Epikondylopathie sind deutliche positive Erfolge für die Wirksamkeit der Akupunktur nachgewiesen (vgl. Stör & Irnich, 2009).

Obwohl viele klinisch-kontrollierte Forschungen existieren, wird ihre Wirksamkeit bislang in der Literatur unterschiedlich beurteilt. In einzelnen Studien konnte ein Wirksamkeitsnachweis der Schmerzreduktion nach wissenschaftlichen Kriterien erbracht werden. Jedoch konnten viele Studien diese nicht

belegen. Die Ursache liegt darin, dass viele Studien eine geringe methodische Qualität hatten und die Besonderheiten der Akupunkturprüfung mangelhaft berücksichtigt werden (vgl. Irnich, 2000).

Die bislang weltweit größten Studien werden von einigen deutschen Krankenkassen zu den Indikationen Kopfschmerzen, Rückenschmerzen und Schmerzen bei Gonarthrose durchgeführt (vgl. Endres et al., 2007; Melchart et al., 2006; Witt et al., 2006). Es zeigen sich indikationsspezifisch signifikante und klinisch relevante Wirkungen der Nadelstimulation. Aber die Akupunktur an klassischen Punkten ist einer oberflächlichen Nadelung an nichtklassischen Punkten (Minimalakupunktur) nur bei einer von sechs Studien signifikant überlegen. Hinzu kommt der Diskussionspunkt, ob der Anspruch placebokontrollierter Studien in der klinischen Akupunkturforschung erfüllt werden kann. Ebenso geben Vas et al. (2004) und Witt et al. (2005) einige Nachweise spezifischer Akupunktoreffekte, die signifikante Unterschiede zwischen Akupunktur und Placebo-Kontrollgruppe erreichen, jedoch zeigen neben Scharf et al. (2006) und Yurtkuran et al. (2007) viele Studien keine signifikante Überlegenheit von Akupunktur im Vergleich zur Placebo-Kontrollgruppe. Zurzeit fehlt noch ein echtes Placeboverfahren. Hiermit stellt sich die Frage, wie man bei einer Nadelakupunktur einen Blindversuch durchführen kann (vgl. Vincent & Lewith, 1995).

Akupunktur beeinflusst auch die körperliche Leistungsfähigkeit. Die konditionellen Fähigkeiten wie Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit spielen nicht nur im Hochleistungssport, sondern auch in Prävention und Rehabilitation eine maßgebende Rolle.

Um eine Verbesserung des Leistungsniveaus nach Akupunkturstimulation zu untersuchen, liegen Forschungen für Leistungssportler vor. Akupunktur kann die Aufnahme des Sauerstoffs erhöhen und es kann eine signifikant reduzierte maximale Herzfrequenz von systolischem Blutdruck und Herzfrequenz bei Belastungsabbruch festgestellt werden (vgl. Kaada, 1984; Yim et al., 1987; Lin et al., 2004; Lin et al., 2009).

Darüber hinaus beschäftigen sich einige Studien mit den potenziellen Effekten von Akupunktur auf die muskuläre Leistungsfähigkeit. Toma et al. (1998) untersuchen in ihrer Studie das neuromuskuläre Antwortverhalten der Kniegelenksflexoren mittels simultaner dynamometrischer und elektromyographischer Messungen bei gesunden Sportlern. Es konnte gezeigt werden, dass

eine einmalige Metallnadelstimulation des M. semitendinosus zu einer signifikanten Erhöhung der myoelektrischen Aktivität führt. Hingegen blieben die dynamometrisch erfassten Parameter unverändert. Studien von Ludwig (2000) führten zu ähnlichen Ergebnissen, die nach einmaliger Akupunkturstimulation gesunder Sportler signifikante Erhöhungen der isometrischen Maximalkraft der Kniegelenksextensoren bei gleichzeitig erhöhter muskulärer Innervation demonstrierten. Studien von Hübscher et al. (2010) zeigten nach einmaliger Akupunktur eine signifikante Erhöhung der maximalen isometrischen Kraft der Kniegelenksextensoren bei gesunden Sportlern. Ozerkan et al. (2007) untersuchten Fußballer und zeigten signifikante Steigerungen der isokinetischen Kraft der Kniegelenksextensoren und Flexoren nach Akupunktur.

Im Therapiebereich werden verschiedene Forschungen angewandt. Hotta et al. (2010) untersuchten Patienten mit temporomandibulärer Dysfunktion. Die Studie zeigt, dass sich die elektromyografische Aktivität der Kaumuskeln nach der Akupunktur signifikant erhöhte. In einer anderen Studie von Ranan et al. (2009) über die temporomandibuläre Dysfunktion zeigte sich nach 3 Monaten Akupunktur eine erhöhte maximale Kraft des Backenzahnbisses und Aktivität der Kaumuskeln in Ruhe.

Bei Schlaganfall-Patienten haben Yan und Hui-Chan (2009) untersucht, dass die Kraft der Fußgelenkflexoren nach transkutaner elektrischer Stimulation über Akupunkturpunkte für 3 Wochen signifikant zugenommen und spastische Lähmungen der Fußgelenke signifikant abgenommen hatten. Mukherjee et al. (2007) behandelten Schlaganfall Patienten mit elektrischer Akupunktur und Muskelkrafttraining für 6 Wochen und konnten die spastische Lähmung der Fußgelenke signifikant reduzieren.

Ludwig (2001a) zeigte nach einmaliger Akupunkturstimulation bei Reha-patienten mit vorderer Kreuzbandplastik eine signifikante Erhöhung der isometrischen Maximalkraft der Kniegelenksextensoren bei gleichzeitig erhöhter muskulärer Innervation. Die Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch mehrmalige Akupunkturbehandlungen und ihre bleibenden Auswirkungen sind bei Kniepatienten noch nicht bekannt.

## **Sport- und Bewegungstherapie**

„Bewegungstherapie ist ärztlich indizierte und verordnete Bewegung, die vom Fachtherapeuten geplant und dosiert, gemeinsam mit dem Arzt kontrolliert und

mit dem Patienten alleine oder in der Gruppe durchgeführt wird.“ „Sporttherapie ist eine bewegungstherapeutische Maßnahme, die mit geeigneten Mitteln des Sports gestörte körperliche, psychische und soziale Funktionen kompensiert, regeneriert, Sekundärschäden vorbeugt und gesundheitlich orientiertes Verhalten fördert. Sie beruht auf biologischen Gesetzmäßigkeiten und bezieht besonders Elemente pädagogischer, psychologischer und soziotherapeutischer Verfahren ein und versucht, eine überdauernde Gesundheitskompetenz zu erzielen“ (vgl. Schüle & Deimel, 1990). Die Definitionen der Sporttherapie verdeutlichen die unterschiedlichen Ansätze der Bewegungstherapie. Zum einen die Bewegungstherapie, die ausschließlich auf den Eindimensionsebenen (medizinischfunktioneller Aspekt) wirksam ist. Zum anderen die Sporttherapie mit ihrem mehrdimensionalen Ansatz (medizinischfunktioneller Aspekt, pädagogischedukativer Aspekt und psychosozialer Aspekt). Die Sporttherapie ist eine relativ junge Therapieform, die auf ihrer funktionellen, pädagogischen und psychosozialen Wirkungsebene Rechnung trägt.

Im Sinne der ganzheitlichen Vorgehensweise gilt für die Sporttherapie bei Arthrose nach Froböse und Hardelauf (1993) folgende Zielsetzung:

- Verbesserung des Synovialkreislaufs
- Anregung des Knochenstoffwechsels
- Muskelkräftigung
- Verbesserung der neuromuskulären Steuerung
- Erhaltung bzw. Verbesserung der Flexibilität
- Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit
- Beibehaltung bzw. Reduktion des Körpergewichtes
- Positive Beeinflussung psychosozialer Aspekte

Die Sport- und Bewegungstherapie als Einzel- oder Gruppentherapie kann einen positiven Effekt hinsichtlich der Symptomatik und der Verbesserung der Funktion bei Arthrosepatienten bewirken. Walkingprogramme bewirken deutliche Verbesserungen für die Gehgeschwindigkeit, verbesserte Funktionsscores, niedrigeren Analgetikaverbrauch und reduzierte Schmerzintensität (vgl. Peterson et al., 1993; Kovar et al., 1992). Andere Studien zeigten, dass isometrisches, isokinetisches und isotonisches Krafttraining an Land eine Zunahme der Muskelkraft und Abnahme der Schmerzen bewirkt (vgl. Marks, 1993; Marks, 1994; Schilke et al., 1996; Péloquin et al., 1999; King et al., 2008; Mikesky et al., 2006). 10 Wochen Ausdauertraining auf Fahrradergo-

metern zeigt bei Gonarthrosepatienten eine Verbesserung der Funktion, Schmerzsituation und Kraft (vgl. Mangione et al., 1999). Ausdauer- und Krafttrainingsprogramme scheinen zugleich Effekte in Bezug auf die Erleichterung der Schmerzen und funktionelle Verbesserung in der Behandlung bei Arthrose zu haben (vgl. Ettinger et al., 1997).

Ein individuelles neuromuskuläres Trainingsprogramm, welches Krafttraining, Koordinationstraining, Haltungsschulung und funktionales Training erfasst, scheint bei älteren Patienten mit schwerer Hüft- und Kniearthrose keine zunehmenden Schmerzen nach dem Training zu verursachen (vgl. Ageberg et al., 2010). Coleman et al. (1996) fanden heraus, dass mittelmäßige Intensitäten beim Fahrradergometer und eine höhere Intensität des Krafttrainings keine Schmerzsymptome im Gelenk bei Senioren auszulösen scheint. Focht et al. (2002) berichteten, dass, obwohl die Schmerzen nach dem Training zunächst signifikant zugenommen hatten, die Schmerzen einen Tag nach dem Training signifikant niedriger sind. Mittelmäßiges Ausdauer- und Krafttraining scheint daher eine sichere Behandlung für Arthrosepatienten zu sein. Nach der Empfehlung vom American College of Sports Medicine (ACSM) für Patienten mit Arthrose sollte ein Training für Beweglichkeit, Koordination, Kraft und Ausdauerfähigkeit durchgeführt werden.

Vor allem müssen die Zielsetzungen der Bewegungstherapie dabei individuell auf das Krankheitsstadium und den jeweiligen Gonarthrosepatienten abgestimmt werden. Bei einer aktivierten Arthrose sollte die Bewegungstherapie kurzzeitig unterbrochen werden.

### **Physiotherapie**

Physiotherapie kann nach mehreren Studien (vgl. Petrella, 2000; Rogind, 1998; Sharma, 2002; van Baar, 1998) eine Linderung der Schmerzen und eine erhöhte Lebensqualität der Patienten zeigen. Sie besteht aus gelenkspezifischen Übungen zur Kräftigung der das Gelenk umfassenden Muskulatur, Übungen zum Erhalt der Gelenkbeweglichkeit und gezielten Programmen mit forciertem Gehen im Bewegungsbad (vgl. Stöve, 2005). Bei Atrophien und Tonusverlust kann die Kräftigung der das Knie stützenden Muskulatur eine Wiederherstellung der physiologischen Verhältnisse erzielen. In Studien (vgl. Sharma, 2002; van Baar, 1998) konnte durch solche Maßnahmen die Funktion arthrotischer Knie signifikant verbessert werden.

## **Physikalische Behandlungsmöglichkeiten**

Die physikalischen Behandlungsmöglichkeiten sind Kälte- und Wärmetherapie, Elektrotherapie sowie Ultraschallbehandlung. Kältetherapie kann als lokales Analgetikum bei einer Arthrose mit den typischen Entzündungszeichen Gelenkerguss, Überwärmung und Schmerzen dienen. Die oberflächliche Kälteanwendung senkt den Muskeltonus, die Schmerzschwelle wird erhöht. In Phasen der Krankheit mit weniger Entzündungsaktivität kann Wärme zur Hyperämisierung und Muskelrelaxation eingesetzt werden.

Elektrotherapie erzeugt ebenfalls Wärme durch Hochfrequenztherapie, vornehmlich in tieferen Gewebeschichten. Niederfrequente Ströme finden in der Reizstromtherapie zur Muskelstimulation Anwendung. Die Wirkung der Ultraschallbehandlung zeigt sich vornehmlich an Grenzonen zweier Gewebeschichten und führt hier zu einer Detonisierung (vgl. Stöve, 2005).

## **Medikamentöse Therapie**

Für die medikamentöse Therapie steht eine Vielzahl von Medikamenten zur Verfügung. Zur systemischen Pharmakotherapie werden vor allem nicht-steroidale Antirheumatika verwendet. Zur Behandlung des unkomplizierten Schmerzes bei Gonarthrose bietet sich Paracetamol als orales Analgetikum der ersten Wahl an. Bei Gonarthrose mit einer stärkeren entzündlichen Komponente und bei Patienten, die nicht auf Paracetamol ansprechen, sind nicht-steroidale Antiphlogistika (NSAR) indiziert. Weiterhin sollen die in neuerer Zeit eingesetzten Coxibe (selektive COX-2-Hemmer) nur die am Entzündungsgeschehen beteiligte Cyclooxygenase hemmen und nicht die für die gastrointestinalen Nebenwirkungen verantwortlichen Enzyme, sodass eine geringere Nebenwirkungsrate möglich scheint. Jedoch haben Coxibe ein noch nicht klar beurteilbares kardiales Risiko und müssen bei kardial vorerkrankten Patienten eingeschränkt werden.

Kortikoide sind insbesondere in fortgeschrittenen Arthrosestadien bei einer akuten Schmerzexazerbation mit entzündlicher Komponente indiziert. Die Anzahl der intraartikulären Injektion sollte auf 4-mal pro Jahr beschränkt werden, weil Steroide neben ihrer antiphlogistischen Wirkung auch einen negativen Einfluss auf den Proteoglykanstoffwechsel haben können. In ganz schweren Fällen kommen Opioide zum Einsatz. Das Problem der Dauerbe-

handlung mit nicht-steroidalen Antiphlogistika ist allerdings die gastrointestinale und renale Belastung der Patienten (vgl. Stöve, 2005).

Nach einer Empfehlung der Osteoarthritis Research Society International wurde für Medikamente wie Hyaluronsäure, Glukosaminosulfat, Chondroitinsulfat und Diazerein der Begriff „Symptomatic slow acting drugs in Osteoarthritis“ (SYSADOA) geprägt. In zahlreichen Arthrosetudien zeigt Hyaluronsäure einen positiven Einfluss auf die Beschwerdesymptomatik und die Gelenkfunktion (vgl. Stöve & Puhl, 1999). Für Glukosaminosulfat konnte ein protektiver Effekt auf die Progression einer Gelenkspaltverschmälerung gezeigt werden (vgl. Reginster et al., 2001).

### **Operative Therapie**

Operationen (OP) sind bei der Gonarthrose die letzte Maßnahme im Rahmen eines Therapieverlaufes. Die Indikation wird je nach persönlichem Leidensdruck der Patienten gestellt (vgl. Cole & Harner, 1999) und die passende OP-Methode je nach Ursache und Stadium der Erkrankung, Alter, Begleiterkrankungen, Allgemeinzustand und Aktivitätsgrad des Patienten gewählt (vgl. Martin, 1998).

Durch minimalinvasive Arthrokopien wird in der Synovialflüssigkeit befindlicher Detritus mittels Lavage entfernt und die hervorgerufene Synovitis gemindert. Zerstörte Menisken oder Osteophyten, die mechanische Irritationen im Gelenk verursachen, werden entfernt. Eine Synovektomie kann wiederkehrende Gelenkergüsse zumindest zeitweise unterbinden. Bei vorliegenden Achsfehlstellungen, die entweder die innere oder äußere Gelenkfläche überlasten, verschafft eine Umstellungs-Osteotomie Abhilfe (vgl. Cole & Harner, 1999; Günther, 2001).

Eine kausale Therapie der Arthrose existiert bislang nicht, sodass es die Aufgabe des Arztes ist, die Behandlung vorerst auf pharmakologische und nicht pharmakologische Modalitäten zu stützen. Es müssen die konstitutionellen Faktoren und die Compliance des Patienten, der Krankheitsstatus, die Komorbiditäten, die Therapieverfügbarkeit und Behandlungskosten berücksichtigt werden.

## 2.5. Studienansatz

Die Arthrose ist eine degenerative Gelenkerkrankung. Die Patienten klagen über jahrelang zunehmende, chronische Schmerzen, zunächst nur bei Bewegung, später auch in Ruhe. Es kommt zu Muskelverspannungen, Muskelhärten, im weiteren Verlauf schließlich zu Kontrakturen, obwohl eine Vielzahl von Medikamenten zur Verfügung steht. Problematisch ist bei den medikamentösen Therapien, dass sich die Pharamakrokinetik und -dynamik mit dem Lebensalter verändert. Schließlich ist aus ganz unterschiedlichen Gründen deutlich ausgeprägter Non-Compliance Rechnung zu tragen (vgl. Wessel, 2003).

Neben der Empfehlung der European League against Rheumatism (vgl. Pendleton et al., 2000), soll solange wie möglich die Verbesserung der Lebensqualität der Patienten mit Hilfe konservativer Therapien versucht werden, um einen später eventuell notwendig werdenden Prothesen-Wechsel zu vermeiden. Ein endoprothetischer Ersatz des Kniegelenks, kann zu einer signifikanten Schmerzabnahme, einer Verbesserung der Funktionsfähigkeit des Kniegelenks sowie der Lebensqualität der Patienten führen (vgl. Martin, 1998). Aber es bleibt das OP-Risiko, dass auch die Operation die Schmerzen nicht lindern kann. Die wichtigen Ziele des Behandlungskonzepts sind, den Krankheitsprozess zu unterbrechen oder zu verzögern. Die konservative Behandlungsmöglichkeit hat eine besondere Bedeutung im Behandlungskonzept der Arthrose.

Bewegungs- und Sporttherapie, die einen positiven Effekt hinsichtlich der Symptomatik und der Verbesserung der Funktion bewirken können, werden seit Jahren mit gutem Erfolg eingesetzt. Muskelschwäche und muskuläre Insuffizienz mit daraus resultierenden Fähigkeitsstörungen sind bekannte Phänomene, die das Krankheitsbild einer Arthrose begleiten und die frühzeitig vom Patienten neben dem Schmerz subjektiv wahrgenommen werden. Bewegungs- und Sporttherapie, diese individuelle gelenkbezogene Behandlung, hat einen besonderen Stellenwert.

Die Akupunktur zeigt besonders in der Schmerztherapie einen zunehmenden Stellenwert. Aus der Grundlagenforschung wird der Wirkmechanismus der Akupunkturanalgesie zum einen durch periphere Gefäßregulation und endogene Opioidfreisetzung, zum anderen durch nicht opioidvermittelte segmentale und heterosegmentale Inhibition und Wirkung auf das autonome Nervensystem erklärt. Durch klinisch-kontrollierte Forschungen konnte bislang

nicht überprüft werden, ob die Wirkung durch das Stechen spezieller Akupunkturpunkte erzielt werden kann. Trotzdem hat es bei Kopfschmerzen, LWS-Schmerzen, temporomandibulärer Dysfunktion, Fibromyalgie, Arthrose (Osteoarthritis) des Kniegelenks und Epikondylopathie einen Hinweis auf einen wirksamen Effekt gegeben (vgl. Christensen et al., 1992; Berman et al., 1995; Stör & Irnich, 2009).

Auf die körperliche Leistungsfähigkeit hat Akupunktur einen leistungssteigernden Einfluss. Akupunktur kann die Ausdauerleistungsfähigkeit von Leistungssportlern verbessern (vgl. Kaada, 1984; Lin et al., 2009). Es zeigt sich sogar eine signifikante Steigerung von Maximalkraft und myoelektrischer Aktivität nach einmaliger Akupunktur für Patientengruppen (vgl. Ludwig, 2001a).

Es gibt viele Möglichkeit, die Bewegungstherapie mit verschiedenen konservativen Therapien zu kombinieren, z. B. elektrische Nervenstimulation, Medikamente, Akupunktur, Gewichtskontrolle, Manuelle Therapie (vgl. Stitik et al., 2007; Messier et al., 2007; Foster et al., 2007; Kawasaki et al., 2008; Gremeaux et al., 2008; Berman et al., 2004). Bisher konnten allerdings nur zwei konservative Therapien, Tuigua Manipulation und Gewichtsverlust (vgl. Miller et al., 2006; Wang et al., 2008), eine deutliche Verbesserung der Funktion und Linderung der Schmerzen erreichen. Und es findet sich eine Studie (vgl. Foster et al., 2007) über Akupunktur als zusätzliche Therapie mit der Bewegungstherapie verbindet, jedoch werden die Therapieeffekte nur subjektiv mit Fragebögen untersucht. Ein direkter Vergleich von Effektivität und Wirkdauer, der Akupunktur auf die Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit unter biomechanischen Aspekten wurde jedoch bislang nicht unternommen. Daraus ergibt sich folgende Fragestellung für diese Arbeit:

- 1) Ist es möglich, nach mehrmaligen Akupunkturbehandlungen in Kombination mit der Bewegungstherapie, eine signifikante Erhöhung der Leistungsfähigkeit des erkrankten Systems zu erreichen?
- 2) Spielt der Anfangszeitpunkt der Akupunkturbehandlung in der Bewegungstherapie eine große Rolle?

Bisher ist unklar, inwiefern für Patienten nach der Kombination von Akupunktur und Bewegungstherapie nicht nur eine Verbesserung des Schmerzes und des Gefühls der Steifigkeit, sondern auch der Funktionsfähigkeit unter biomechanischen Aspekten sowie der Lebensqualität erzielt werden können.

## **3. Methodik**

### **3.1. Zielsetzung und Hypothesen**

Ziel der Arbeit ist es, die klinische Wirksamkeit einer Kombinationstherapie von Akupunktur und Bewegungstherapie im Vergleich zu einer alleinigen Bewegungstherapie zu überprüfen. Möglichweise kann bei Anwendung der Kombinationstherapie eine bessere Wirksamkeit wie eine Schmerzenreduktion, eine Funktionsverbesserung der betroffenen Knie sowie eine stärkere Aktivitätssteigerung und Lebensqualität im Alltagsleben erreicht werden.

Die prospektive randomisierte klinische Studie soll sowohl für die Bewegungstherapie als auch für die Kombination von Bewegungstherapie und Akupunktur die Auswirkungen auf die Ausdauerfähigkeit und Muskelkraft, auf die neuromuskuläre Ansteuerung sowie die Auswirkungen auf Alltagsaktivität und die daraus resultierende Lebensqualität der Patienten darstellen und vergleichen.

Zu Beginn der Studie sind einige Arbeitshypothesen aufgestellt worden. Im Vergleich mit alleiniger Bewegungstherapie werden folgende Effekte durch die Kombinationstherapie von Akupunktur und Bewegungstherapie bei den Gonarthrose-Patienten erreicht:

Hypothese 1: Es findet eine signifikante Reduktion des Schmerzes und anderer subjektiver Beschwerden im Alltag statt.

Hypothese 2: Die Ausdauerleistungsfähigkeit wird signifikant verbessert.

Hypothese 3: Eine biomechanisch nachweisbare Erhöhung funktioneller Fähigkeiten wird erzielt.

Hypothese 4: Es zeigt sich ein unterschiedlicher Effekt der Akupunktur in Bezug auf verschiedene Anfangszeitpunkte der Bewegungstherapie.

### **3.2. Untersuchungsgut**

Patienten wurden durch Anzeigen in Kölner Tageszeitungen und dem Kölner Wochenspiegel zu einem Informationstermin zum Thema Akupunktur und Bewegungstherapie bei Gonarthrose eingeladen. Bei der Auswahl der Patienten galten die Ein- und Ausschlusskriterien der Tabellen 3.1 und 3.2.

Tab. 3.1: Einschlusskriterien

- 
1. Weibliche und männliche Patienten sind 50 Jahre alt oder älter
  2. Schmerzen bei einem oder beiden Knien in den vergangenen drei Monaten oder länger
  3. Radiologische Veränderungen der Knie 1., 2. oder 3. Grades nach Wirth (2001)
- 

Tab. 3.2: Ausschlusskriterien

- 
1. Akupunktur im vergangenen Jahr
  2. Bewegungstherapie bei Physiotherapeuten für Knieprobleme innerhalb der vergangenen drei Monate (die Freizeitgestaltungen sind nicht eingeschlossen)
  3. lokale Injektion mit Kortikosteroid im Knie innerhalb der vergangenen vier Wochen
  4. lokale Injektion mit Hyaluronidase im Knie innerhalb der vergangenen sechs Monate
  5. Blutungsstörung oder jetzige Benutzung von Heparin oder Antikoagulin
  6. Schwerwiegende Allgemeinerkrankungen, z. B. Herz- oder Lungenerkrankungen, die die normale Bewegungstherapie beschränken
  7. Schwerwiegende Einschränkungen der Funktionalität des Hüftgelenks, des oberen Sprunggelenks sowie der Wirbelsäule
- 

Zur Klärung der medizinischen Fragestellung wurde jeweils der behandelnde Arzt herangezogen. Anschließend wurden die Probanden über Ablauf, Ziele und Risiken der Studie aufgeklärt. Insgesamt haben 51 Patienten, davon 18 männliche und 33 weibliche, an der Studie teilgenommen. Diese Studienpopulation war zwischen 50 und 75 Jahre alt und wies einen Body-Mass-Index (BMI) von 20,64 bis 32,40 auf (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Anthropometrische Daten und radiologische Klassifikation in den Untersuchungsgruppen (MW± SD)

	Gruppe 1 (n = 16)		Gruppe 2 (n = 20)		Gruppe 3 (n = 15)	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
	6	10	6	14	6	9
Alter (J)	60,15 ± 8,69		62,71 ± 6,82		63,93 ± 7,37	
Körpergewicht (kg)	69,53 ± 7,79		75,64± 11,53		78,40± 11,81	
Körpergröße (m)	1,66 ± 0,05		1,69± 0,06		1,74 ± 0,09	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25,12 ± 2,45		26,26± 2,97		25,90 ± 2,80	
Radiologische Klassifikation nach Wirth (Grade)	1,69 ± 0,75		2,07 ± 0,83		1,67 ± 0,62	

Im Verlauf des nachfolgenden Untersuchungszeitraumes waren drei Patienten aus der Studie ausgeschieden (aufgrund einer Erkrankung und aus zeitlichen Gründen). Die Daten von sechs Patienten gingen wegen technischer Störungen nicht in die Auswertung mit ein. Es gingen nur 13 Gruppe-1-Patienten, 14 Gruppe-2-Patienten und 15-Gruppe-3-Patienten in die Auswertung ein.

### 3.3. Untersuchungsgang

Der Studienaufbau war der einer randomisierten klinischen Studie. Die notwendige Zustimmung der Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln wurde erteilt. Alle Untersuchungen und Behandlungen fanden im Pro-Physio GmbH am Heilig Geist-Krankenhaus in Köln von Februar 2007 bis November 2008 statt.

Die Studie wurde in ihrem Verlauf und der geplanten Durchführung aller Patienten vorgestellt. Bei Studienbeginn wurden eine ausführliche Anamnese erhoben und die Patienten auf die Ausschlusskriterien hin überprüft.

Nach Aufnahme in die Studie erfolgte die randomisierte Zuteilung auf drei Behandlungsgruppen. Im Vorhinein wurden die Patienten über Wirkung und mögliche Nebenwirkungen beider Therapiemethoden aufgeklärt. Allen drei Gruppen nahmen über einen Zeitraum von 12 Wochen an einem speziellen Trainingsprogramm (zweimal pro Woche) teil zusätzlich in Gruppe 2 und Gruppe 3 zehnmal an Akupunktur innerhalb von fünf Wochen. In Gruppe 2 wurde die Nadelakupunktur ab der ersten Woche und in Gruppe 3 ab der siebten Woche durchgeführt.

Jeder Teilnehmer hatte drei Untersuchungstermine – vor der Behandlung, nach sechs und zwölf Wochen Bewegungstherapie – wahrzunehmen (Abb. 3.1). Der erste Termin beinhaltete Aufklärung, körperliche Untersuchung und Anamnese sowie den ersten Untersuchungsdurchgang. Diese Untersuchungen, die nach der sechsten und zwölften Woche wiederholt wurden, umfassten jeweils einen Gehstest, die isokinetische Maximalkraftmessung, die neuromuskuläre Ansteuerung der Muskulatur (EMG-Messung) sowie das Ausfüllen zweier Fragebögen: ein WOMAC-Arthroseindex, ein SF-36. Die weitere Verfolgung der Patienten beinhaltete nur die Beantwortung der zwei Fragebögen zwölf Wochen nach dem Ende der zwölfwöchigen Bewegungstherapie.

Eine zusätzliche orale Medikation mit nichtsteroidalen Antiphlogistika wurde den Patienten während des zwölfwöchigen Studienzeitraumes untersagt. Aus bewegungstherapeutischen Gründen wurden beide Knie behandelt. Dabei wurde bei den beidseitig betroffenen Patienten beidseitig mit Akupunktur behandelt und bei den einseitig betroffenen Patienten einseitig. Die gesamte Untersuchung bezog sich bei jedem Probanden nur auf ein arthritisches Kniegelenk. Dabei wurde bei den beidseitig betroffenen Patienten jeweils das Knie als Untersuchungsknie ausgewählt, welches zu Studienbeginn subjektiv mehr Beschwerden verursachte. Konnte von den Patienten subjektiv kein Unterschied zwischen den Seiten festgestellt werden, so erfolgte die Selektion des Untersuchungsknies nach dem Zufallsprinzip.

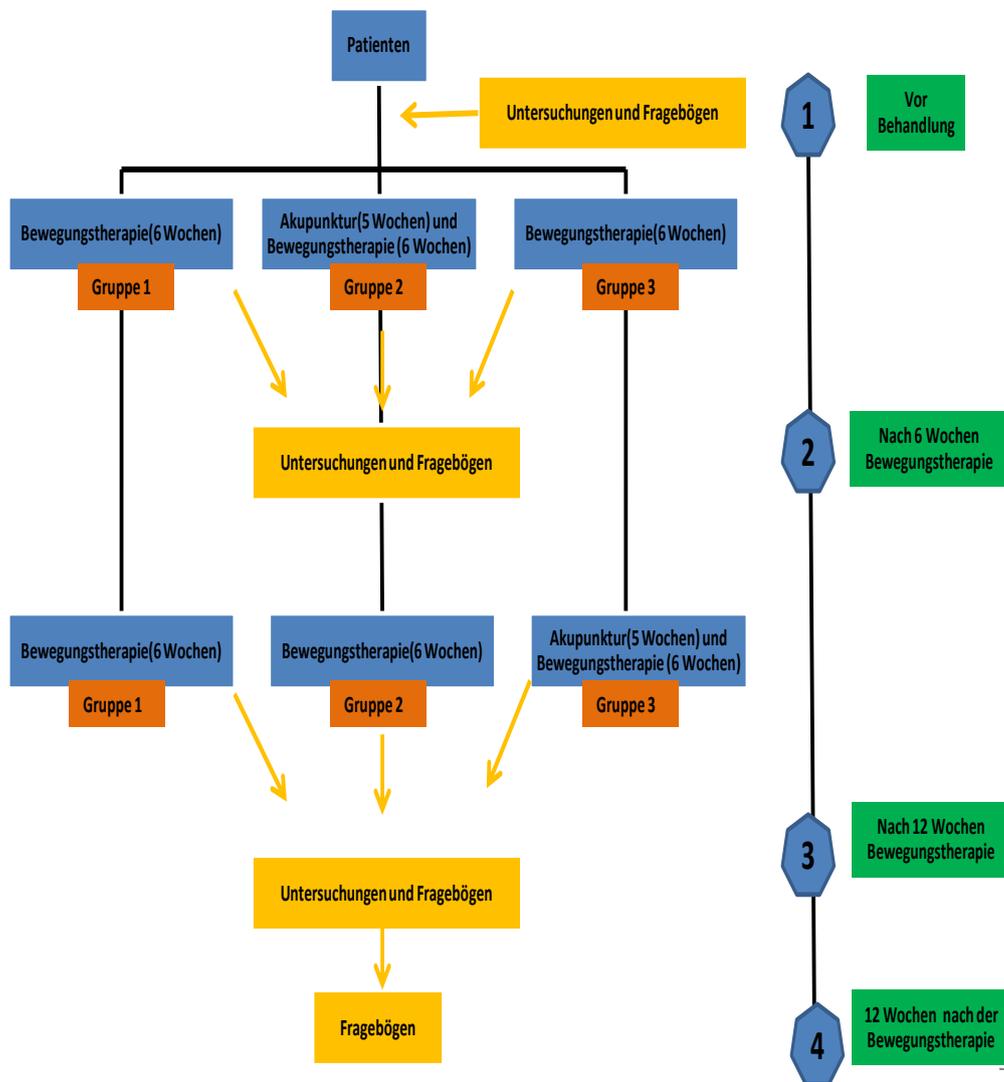


Abb. 3.1: Studiendesign

### **3.4. Bewegungstherapie**

Die Bewegungstherapie umfasste 24 Trainingseinheiten. Jeder Patient nahm zweimal pro Woche an einem etwa 60-minütigen Gerätetraining teil. Für die Durchführung des Trainings wurden die ersten zwei der einstündigen Trainingseinheiten besonders intensiv durch eine Therapeutin betreut, im weiteren Training betreute eine Therapeutin bis zu vier Teilnehmer gleichzeitig. Die leitende Therapeutin erkundigte sich nach der aktuellen Befindlichkeit der einzelnen Patienten sowie nach dem Befinden im Anschluss an die vergangene Einheit und die Auskünfte wurden in der Gestaltung der jeweils folgenden Einheit beachtet.

Die Trainingseinheiten waren systematisch aufgebaut. In jeder Trainingseinheit wurde diese Reihenfolge durchgeführt: Aufwärmen, Dehnungsübungen, Koordination und Gleichgewichtstraining, Muskelkrafttraining und Ausdauertraining.

#### **Aufwärmen**

Ziel:

Physische und mentale Vorbereitung.

Inhalt:

10-minütiges Fahrradergometer-Training (Proxomed Kardiomed Line) oder Gehen auf einem Laufband (Woodway/Cosomus) mit niedriger Belastung. Der Puls sollte dabei 100 Schläge in der Minute nicht überschreiten.

#### **Dehnübungen**

Ziel:

Abbau von Muskelverspannungen und Erhöhung der Flexibilität, besonders eine Verbesserung der Knie ROM und Verminderung der Steifigkeit.

Inhalt:

Unter Beobachtung wurden vier Dehnübungen auf einer Gymnastikmatte ausgeführt. Zur Unterstützung wurde das Theraband als Hilfe benutzt. Bei jeder Dehnübung halten die Patienten 10–30 Sekunden, und die Übung wird 2–4-mal wiederholt.

### Übung 1: Dehnung der vorderen Oberschenkelmuskulatur (Abb. 3.2)

Auf den Bauch legen, das rechte Knie beugen und den Fuß fassen mit der rechten Hand (oder mit dem Theraband um den Fuß). Ziehen des Fußes bis zum Gesäß. Die Übung wird mit jedem Bein durchgeführt.



Abb. 3.2: Dehnung der vorderen Oberschenkelmuskulatur (ohne oder mit Theraband)

### Übung 2: Dehnung der hinteren Oberschenkelmuskulatur (Abb. 3.3)

Auf den Rücken legen und die Knie anwinkeln. Verschränken der Hände hinter dem Schenkel oder das Theraband um den Fuß legen. Strecken des Beines nach oben. Die Übung wird mit jedem Bein durchgeführt.

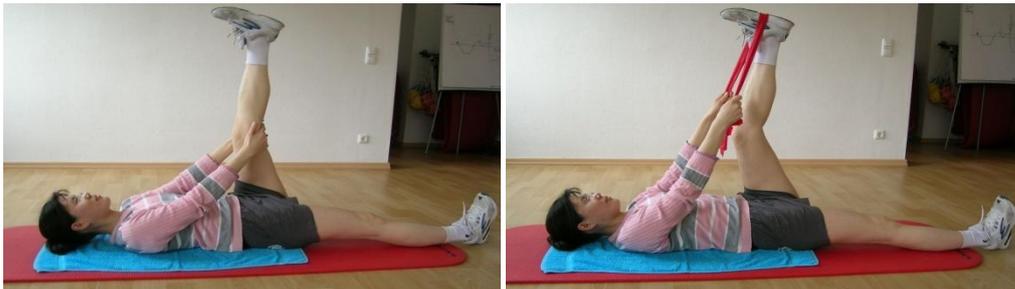


Abb. 3.3: Dehnung der hinteren Oberschenkelmuskulatur (ohne oder mit Theraband)

### Übung 3: Dehnung der Inneren Oberschenkelmuskulatur (Abb. 3.4)

Im Grätschwinkelsitz werden die Fußspitzen angezogen, der Rücken bleibt dabei gerade. Nun nach Möglichkeit die Arme austrecken und versuchen, den Boden zu berühren.



Abb. 3.4: *Dehnung der inneren Oberschenkelmuskulatur*

#### Übung 4: Dehnung der Wadenmuskulatur (Abb. 3.5)

Aus dem Ausfallschritt die Ferse des hinteren Beines fest auf den Boden drücken. Das vordere Bein ist dabei gebeugt, die Hände stützen gegen die Wand. Die Übung wird mit jedem Bein durchgeführt.

Zeitliche Dauer: 12 Wochen



Abb. 3.5: *Dehnung der Wadenmuskulatur*

### **Koordination und Gleichgewichtstraining**

Ziel:

Verbesserung der Koordination, insbesondere der Gleichgewichtsfähigkeit.

Inhalt:

Das Training ist in zwei verschiedene Trainingsphasen unterteilt.

Phase 1 (Abb. 3.6)

Aktiver Einbeinstand auf dem Posturomed (HAIDER BIOSWING Gesundheitssitz und Therapiesysteme GmbH), möglichst ruhig halten bis 10 Sekun-

den, dann Bein wechseln. Jede Seite 4–6-mal. Die zeitliche Dauer beträgt sechs Wochen.

#### Phase 2 (Abb. 3.6)

Einbeinstand auf dem Posturomed und einen Ball um den Körper herumführen. Möglichst ruhig das Gleichgewicht halten bis 30 Sekunden. Dann wechseln auf das andere Bein, jede Seite 4–6-mal. Die zeitliche Dauer beträgt sechs Wochen.



Phase 1



Phase 2

Abb. 3.6: *Koordination und Gleichgewichtstraining*

### **Kraftaufbautraining**

Ziel:

Ausgleich muskulärer Dysbalancen, Kräftigung insbesondere der zur Atrophie neigenden Muskulatur (Knieextension). Verbesserung der Stabilität der Knie.

Inhalt:

Das Training beinhaltet fünf Übungen zur Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur an Sequenztrainingsgeräten und Seilzug (Proxomed Tergumed ®) (Tab. 3.4).

Tab. 3.4: Fünf Übungen zur Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur an Geräten

	Übungsausführung	Kräftigung an Geräten
<p>Sitzende Beinpresse</p>	<p>Füße im hüftbreitem Stand und aus 90 Grad Knie- und Hüftbeugung in die Streckung bewegen, Kniegelenk nicht ganz durchstrecken (wenn ein erhebliches Kraftdefizit bestand, wurde das schwache Bein zusätzlich einbeinig trainiert).</p>	 <p>Abb. 3.7: Beinpresse</p>
<p>Kniestreckker</p>	<p>Die Fußspitzen werden zum Schienbein angezogen und die Beine in eine fast gestreckte Position gebracht, dann langsam die Knie wieder in die Ausgangsposition beugen. (Der Bewegungsumfang wurde begrenzt um die Beine nicht so weit nach unten zu drücken).</p> <p>Wenn ein erhebliches Kraftdefizit bestand oder nach der Übung Beschwerden in den Kniegelenken auftraten, wurde mit Seilzug trainiert.</p>	 <p>Abb. 3.8: Kniestreckker</p>
<p>Sitzender Kniebeuger</p>	<p>Kniegelenke werden etwas gebeugt und die Fußspitzen zum Schienbein hin angezogen. Beugen beider Beine so weit wie möglich nach unten, dann langsam wieder die Knie in die Ausgangsposition strecken.</p>	 <p>Abb. 3.9 : Kniebeuge</p>
<p>Sitzende Abduktion</p>	<p>Mit den Oberschenkeln gleichzeitig so weit wie möglich nach außen drücken, dann langsam in die Ausgangsposition zurück.</p>	 <p>Abb. 3.10 Abduktion</p>

	Übungsausführung	Kräftigung an Geräten
Sitzende Adduktion	Die Beine gleichzeitig zur Mitte zusammenführen, dann im gleichen Tempo in die Ausgangsposition zurück.	 <p>Abb. 3.11: Adduktion</p>

### Trainingsmethode

Die inhaltliche Gestaltung des Trainingsprogramms orientiert sich an dem Phasenmodell von Froböse und Lagerstrom (1991) und ist in drei verschiedene Trainingsperioden unterteilt.

#### Phase 1: Aktivierung/Innervationsschulung

Trainingsintensität < 30% der Maximalkraft, 10–12 Wiederholungen, 1–2 Serien bei einer Pausendauer von 1/2 Minute und einer zeitlichen Dauer von 2 Wochen (2-mal pro Woche und 4 Trainingseinheiten).

#### Phase 2: Lokales Muskelkraftausdauertraining

Trainingsintensität 30–40% der Maximalkraft, 15–20 Wiederholungen, 2–3 Serien bei einer Pausendauer von 1/2 bis 1 Minute und einer zeitlichen Dauer von 4 Wochen (2-mal pro Woche und 8 Trainingseinheiten).

#### Phase 3: Muskelaufbautraining

Trainingsintensität 40–70% der Maximalkraft, 12–15 Wiederholungen, 3–6 Serien bei einer Pausendauer von 1 Minute und einer zeitlichen Dauer von 6 Wochen (2-mal pro Woche und 12 Trainingseinheiten).

### Ausdauertraining

#### Trainingsmittel

Fahrradergometer oder Laufband (Proxomed Kardiomed Line ®) (Abb. 3.12)



Abb. 3.12: Laufband (Woodway) und Fahrradergometer (Proxomed Kardiomed Line ®)

Ziel:

Verbesserung der allgemeinen Ausdauerleistungsfähigkeit und Ermüdungswiderstandsfähigkeit.

Inhalt:

Das Training wird auf einem Fahrradergometer (Proxomed Kardiomed Line ®) oder Laufband (Woodway) durchgeführt und in drei verschiedene Trainingsphasen untergeteilt (Abb. 3.12).

Der Herzschlag wird bei diesem Training durch den Pulsmesser kontrolliert.

### **Trainingsmethode**

Phase 1

Trainingsintensität etwa 60–70% der maximalen Herzfrequenz (Maximalherzfrequenz = 220 minus Lebensalter) bis zu einer zur Erschöpfung führenden Belastungsdauer von 5–20 Minuten, 2-mal pro Woche bei einer zeitlichen Dauer von zwei Wochen.

Phase 2

Trainingsintensität etwa 70–80% der maximalen Herzfrequenz bis zu einer zur Erschöpfung führenden Belastungsdauer von 20–30 Minuten, 2-mal pro Woche bei einer zeitlichen Dauer von vier Wochen.

Phase 3

Trainingsintensität etwa 70–80% der maximalen Herzfrequenz bis zu einer zur Erschöpfung führenden Belastungsdauer von etwa 30 Minuten, 2-mal pro Woche bei einer zeitlichen Dauer von sechs Wochen.

### 3.5. Akupunktur

Die Akupunkturbehandlung wurde nach den Regeln der Traditionellen Chinesischen Medizin bei individuellen Symptomen durchgeführt. Jeder Patient wurde von der gleichen Akupunkturistin untersucht und im Liegen oder im Sitzen behandelt. Das Selektionsprinzip der Punkte ist, entlang der Meridiane und nach der pathologischen Konstitution der Patienten Akupunkte auszuwählen. Man kann Punkte lokal oder neben dem Bereich der Krankheit, und auch in der Ferne, meistens unterhalb der Ellenbogen und der Knie, auswählen. Um eine optimale effektive Akupunktur zu bewirken, sollen einige Variablen, wie die Tiefe der Nadelung, die Retention, die Stimulation, die Anzahl und Häufigkeit der Sitzungen, berücksichtigt werden (vgl. Zhao et al., 2002).

Für chronische Krankheiten kann die Anwendungshäufigkeit zwei- bis dreimal pro Woche umfassen. Zehn Akupunkturbehandlungen bilden eine Session (vgl. Zhao et al., 2002). In der vorliegenden Studie erfolgten in Gruppe 2 und Gruppe 3 zweimal pro Woche zehn Einzelbehandlungen, die innerhalb von fünf Wochen durchgeführt wurden. Die Auswahl der Akupunkturpunkte orientierte sich an dem zu behandelnden Krankheitsbild und den Symptomen. Die folgenden Punkte werden ausgewählt (Tab. 3.5 und Abb. 3.13):

Tab. 3.5: Akupunkturpunkte und ihre anatomische Lage (Bachmann, 2000)

	Punkte	Anatomische Lage
Lokale Punkte	Liangqiu (Ma34)	Verbindung zwischen Spina iliaca anterior superior und laterokranieler Begrenzung der Patella, 2 cun* oberhalb der Patella
	Yanglinquan (Gb34)	In der Vertiefung ventral kausal des Fibulaköpfchens
	Yinlinquan (Mi9)	In der Kurve im Übergang zwischen Diaphyse und Condylus medialis der Tibia
	Zusanli (Ma36)	3 cun kaudal Ma35, eine Fingerbreite lateral der Crista anterior tibiae
	Dubi (Ma 35)	In der Vertiefung laterokaudal der Patella und lateral des Lig.patellae
	Weizhong (Bl40)	Mitte der Poplitealfalte, median

	Punkte	Anatomische Lage
Fernpunkte	Kunlun (Bl60)	Mitte zwischen der höchsten Erhebung des Malleolus lateralis und Achillessehne
	Taixi (Ni3)	In der Mitte zwischen der höchsten Erhebung des Malleolus internus und der Achillessehne
	Taichong (Le3)	Auf dem Fußrücken in der Vertiefung distal der Verbindung zwischen 1. und 2. Metatarsalknochen
	Sanyinjiao (Mi6)	3 cun oberhalb der höchsten Erhebung des Malleolus internus, Tibiahinterkante
	Xuanzhong (Gb39)	3 cun kranial der höchsten Erhebung des Malleolus externus in der Vertiefung zwischen der posterioren Fibulakante und der Sehne der M. peroneus und brevis
Ashi-Punkte	Hierbei werden durch manuelle Palation der schmerzenden Körperregionen besonders schmerzhaft Punkte behandelt.	

\*cun: proportionale Maßeinheit zur Einschätzung des Akupunkturpunktes

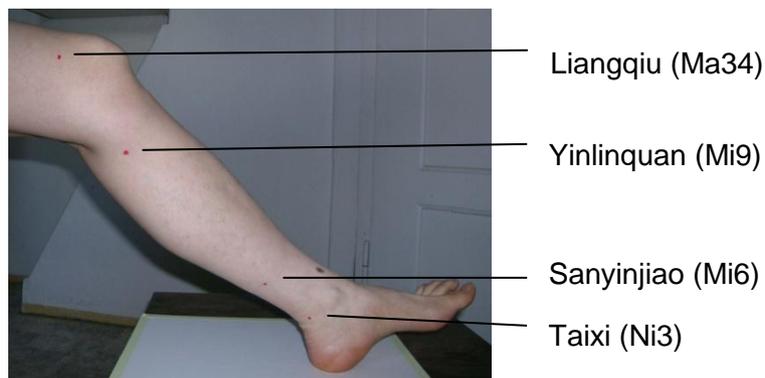


Abb. 3.13: Ausgewählte Punkte der Innenseite der unteren Extremität

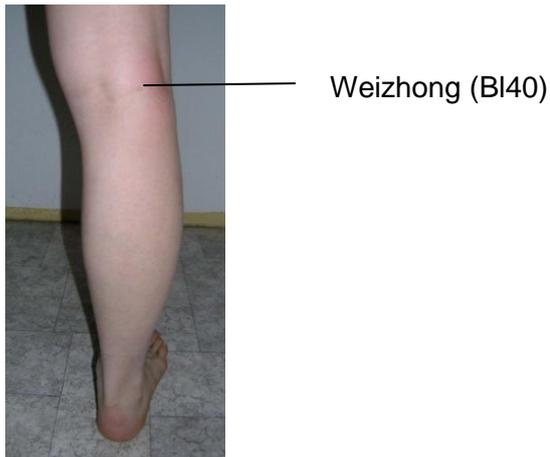


Abb. 3.14: Ausgewählte Punkte der Rückseite der unteren Extremität

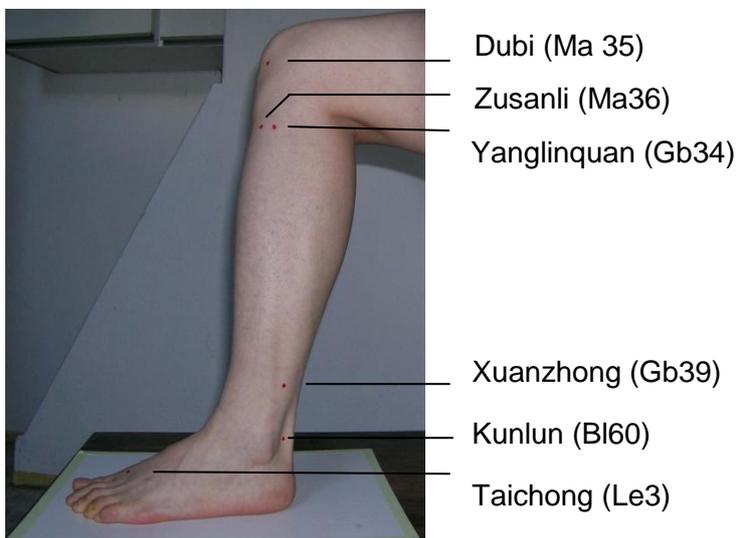


Abb. 3.15: Ausgewählte Punkte der Außenseite der unteren Extremität

Für jeden Patienten wurden bei jeder Behandlung nach individuellen Symptomen und „Deqi-Sensation“ drei bis zehn Punkte ausgesucht. Die traditionelle chinesische Akupunktur versteht unter „Deqi-Sensation“ ein Gefühl des Ziehens, das sich von der Einstichstelle aus distal und/oder proximal ausdehnt, ein dumpfes Schmerzempfinden von einem Wärmegefühl begleitet oder ein Schwereempfinden.

Vor der Behandlung wurde zuerst die Haut mit Alkohol desinfiziert. Es erfolgte ein schnelles Stechen der Nadeln durch die Haut, danach wurde die Nadel langsam vorgeschoben bis eine bestimmte Stichtiefe erreicht war. Die Stärke der Stimulation wurde an die subjektiven Empfindungen der Patienten und das

individuelle Krankheitsbild angepasst. Die Nadelstimulation erfolgte durch Bewegungen der Nadel, wobei Drehen, Heben und Senken im Vordergrund standen sowie das Kratzen am Griff der Nadel. Die Dauer einer Einzelbehandlung betrug 30–40 Minuten. In der vorliegenden Studie wurden Stahlnadeln zum einmaligen Gebrauch der Suzhou Medizin China GmbH (0.35 x 40mm) verwendet (Abb. 3.16). In der Behandlung wurden die Nadeln bis zu einer Tiefe von 0,5–2,5 cm gestochen. Die manuelle Nadelstimulation an jeder Nadel wurde alle zehn Minuten einmal und bis zum Auslösen einer „Deqi-Sensation“ durchgeführt.



Abb. 3.16: Stahlnadeln der Suzhou Medizin China GmbH

## 3.6. Messparameter und Verfahren

### 3.6.1. Gehtest

Der Test der Lauf- bzw. Gehbelastung hat den Vorteil, dass diese Bewegungsform mit der alltäglichen Aktivität in höherem Zusammenhang steht (vgl. Gieg et al., 1994). Auf dem Laufband kann außerdem die Intensität über Geschwindigkeit und Neigungswinkel des Laufbandes reguliert werden.

In der vorliegenden Studie wurden zum Gehtest die Belastungsprotokolle von Verdonck et al. (2003) hinzugezogen. Der Gehtest wurde auf dem Laufband durchgeführt. Die Laufbandgeschwindigkeit der ersten Stufe betrug 4,0 km/h bei einer Stufendauer von einer Minute. Diese Geschwindigkeit sollte der Gewöhnung der Probanden an das Laufband dienen. Bei einer Stufendauer von nur jeweils zwei Minuten wurde die Geschwindigkeit nach jeder Stufe um 0,5 km/h bis auf eine Geschwindigkeit von 6,0 km/h erhöht. Die Steigung des Laufbandes wurde auf diesen Stufen auf 1% festgesetzt. Auf der dritten Stufe betrug die Laufbandgeschwindigkeit 6 km/h und die Steigung 1% für jeweils 120 Sekunden. Danach wurde die Steigung von 1% auf 8% erhöht. Dann betrug die Laufbandgeschwindigkeit 6 km/h und die Steigung 8% für weitere zwei Minuten. Im Vergleich mit dem Walking-Test auf dem Laufband, der im Institut

für Sport und Sportwissenschaft der Universität Karlsruhe entwickelt wurde, ist dieser Gehstest relativ sanft und einfach.

Ein Testabbruch erfolgte symptomlimitiert (im Knie starke Schmerzen, über Maximalherzschlag hinaus) oder aufgrund subjektiver Erschöpfung. Wenn es nötig war, durften die Patienten sich mit zwei Fingern abstützen, balancieren oder stattdessen stützenfrei gehen.

Zusätzlich wurden bei allen Tests am Ende der Belastung mit Hilfe der Pulsuhren der Firma Polar die Herzschlagfrequenzen in der ersten und dritten Erholungsminute erfasst. Die Untersuchungen erfolgten auf dem Laufband der Firma „Hp Cosmos“ (Abb. 3.17).



Abb. 3.17: Laufband der Firma „Hp Cosmos“

### **3.6.2. Isokinetische Muskelkraftmessung**

Die isokinetische Dynamometrie wird häufig zur Testung und zum Training der Muskelfunktion eingesetzt (vgl. Froböse et al., 2003; Baltzopoulos, 1995). Dabei liegt der Vorteil der isokinetischen Messmethode in der Möglichkeit, Krafftigkeiten und Kraftverläufe unter standardisierten Bedingungen dynamisch messen zu können. Zur Erfassung der muskulären Defizite bzw. Ressourcen des M. quadrizeps sowie der ischiokrualen Muskulatur kam das isokinetische Test- und Trainingsgerät „Biodex Medical System 2“ zum Einsatz.

### **Testdurchführung**

Jeder Patient hatte sich vor dem Test fünf Minuten auf dem Fahrradergometer erwärmt. Alle Patienten wurden im Bewegungsmuster „Knie Extensi-

on/Flexion“ auf dem „Biodex Medical System 2, New York“ Dynamometer in sitzender Position getestet (Abb. 3.18).



Abb. 3.18: *Biodex Medical System 2, New York*

Die Rückenlehne befand sich dabei in einer Winkelposition von 90 Grad. Die Patienten wurden dazu angehalten, sich auf dem Sitz soweit zurückzusetzen, dass der gesamte Rücken Kontakt zur Lehne hat und sie in der Position mittels eines Oberkörpergürtels angeschnallt werden konnten. Die Kniekehle der Patienten sollte 1 cm von Polster weg liegen, sodass das Gelenk einerseits noch frei beweglich ist, andererseits aber von der Sitzfläche ausreichend unterstützt wird. Der Oberschenkel wurde mit einem Stabilisationsgurt an der Sitzfläche fixiert. Die Rotationsachsen von Kniegelenk und Gerät wurden in bestmögliche Übereinstimmung gebracht. Das Schienbeinpolster wurde am distalen Ende des Unterschenkels etwa zwei Zentimeter oberhalb der Malleolengabel des Sprunggelenks befestigt. Die Positionierung wurde notiert.

Der anatomische Nullwinkel des Kniegelenks und der mechanische und elektronische Bewegungsausmaß-Stop für Kniegelenksbewegung (die Streckung mit  $10^\circ$  und die Beugung mit  $90^\circ$ ) wurden eingestellt. Vor der Testphase dürfen die Patienten die Testbewegung ca. fünfmal mit geringem und zweimal mit maximalem Krafteinsatz erproben. In der sich anschließenden zweiminütigen Pause sollten die Patienten fünf Wiederholungen bei  $60^\circ/s$  und nach einer dreiminütigen Pause zehn Wiederholungen bei  $150^\circ/s$  durchführen. Während des Tests hielten sich die Patienten an zwei Griffen rechts und links am Sitz fest.

## **Testparameter**

Es wurden folgende Parameter ermittelt:

- 1) maximales Drehmoment der Extension und Flexion des Kniegelenkes
- 2) Gesamtarbeit der Extension und Flexion des Kniegelenkes
- 3) Verhältnis des maximalen Drehmoments der Extension und Flexion zueinander

In einer Vielzahl von ambulanten und stationären Einrichtungen werden die dynamometrisch isometrischen und isokinetischen Messungen durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit sowie das muskuläre Aufbautraining in der medizinischen Trainingstherapie zu evaluieren (vgl. Froböse, 1998). Das maximale Drehmoment gilt als der am besten dokumentierte und reproduzierbare Parameter der dynamischen Muskelfunktionen (vgl. Kannus, 1994). Für diesen Messparameter konnten Studienergebnisse hohe Reliabilitätswerte belegen. Hinsichtlich der Validität zeigen Studien Korrelationen des maximalen Drehmomentwertes mit der Muskelquerschnittsfläche (Bartonietz, 1996). Das Muskelkraftverhältnis zwischen agonistisch und antagonistisch arbeitender Muskulatur wird berechnet.

Der Arbeitswert stellt die entwickelte Kraft in Bezug auf das gesamte Bewegungsausmaß dar, über das die Kraft entwickelt wurde ( $\text{Kraft} \times \text{Weg}$ ). Bezogen auf die isokinetische Kraftkurve entspricht der Arbeitswert der Fläche unter der Drehmoment-Winkel-Kurve (Dvir, 2004). Bei der Auswertung der Ergebnisse spielt das Bewegungsausmaß während der Tests eine entscheidende Rolle. Wird die maximale Arbeit pro Zeiteinheit kalkuliert, erhält man den maximalen Leistungswert. Insbesondere der Arbeitswert als Ausdruck der Krafftigkeiten über das gesamte Bewegungsspektrum stellt einen wichtigen Messparameter für die Beurteilung der dynamischen Kraftleistungsfähigkeit dar (Dvir, 2004; Brady et al., 1994).

### **3.6.3. Elektromyographie (EMG)**

Elektromyographie ist eine Untersuchungstechnik, „die sich mit der Entstehung, der Aufzeichnung und der Analyse von myoelektrischen Signalen befasst“ (Basmajian & De Luca, 1985). In der vorliegenden Studie wurde das Programm „MyoResearch XP 2000“ verwendet, um die Aktivitäten der Oberschenkelmuskulatur zu messen und das „rohe“ EMG-Signal auszuwerten. Die Oberflächenelektroden haben den Vorteil, dass eventuelle Schmerzen, Infek-

tionen oder Materialbrüche verhindert werden und dynamische Bewegungen ohne Verlust von Bewegungsfreiheit ausgeführt werden können.

Zu drei Untersuchungszeitpunkten (vor der Behandlung, nach sechs und zwölf Wochen Bewegungstherapie) fanden EMG-Messungen gekoppelt mit Isokinetik statt.

### **3.6.3.1. Elektrodenplatzierung**

Für das Elektromyogramm der isokinetischen Kraftmessungen wurden runde, selbstklebende Einmalelektroden der Firma Blue Sensor (Typ N-00-S, Firma Medicotest, Dänemark) (Abb. 3.19) verwendet und auf die Haut über der Mitte des Muskelbauchs vom M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. biceps femoris sowie M. Semitendinosus angebracht. Eine Referenzelektrode wurde auf der Patella platziert. Die Elektroden wurden parallel zum Verlauf der Muskelfasern mit ca. 2 cm Abstand voneinander befestigt. Vor dem Anbringen der Elektroden bedurfte es einer Vorbereitung der Haut. Sie wurde rasiert und mit Sterilium (Abb. 3.20) gesäubert, um Irritationen der Elektroden durch Haare zu vermeiden und den elektrischen Widerstand der Haut zu minimieren.



Abb. 3.19: Selbstklebende Einmalelektroden der Firma Blue Sensor



Abb. 3.20: EVERI Abrasive Reinigungspaste



Abb. 3.21: Elektrodenposition der *M. rectus femoris*, *M. vastus lateralis* und *M. vastus medialis*



Abb. 3.22: Elektrodenposition der *M. biceps femoris* und *M. semitendinosus*

Die exakte Positionierung der EMG-Elektroden richtete sich nach Empfehlungen von SENIAM. Die Ableitungspunkte wurden durch genaues Ausmessen und Palpation beim auf Rücken und Bauch liegenden Patienten bestimmt (Tab. 3.6 und Abb. 3.21–22). Nach der Elektrodenplatzierung und Klebung sollen die Patienten aufrecht in Schulterbreite stehen, um diese Punkte genau zu vermessen. Basierend auf einem Vermessungssystem kann man die anatomischen Orientierungspunkte zur Vermessung der Elektrodenposition tasten. In der vorliegenden Studie wurden anatomische Orientierungspunkte (Kniescheibe (Patella) und Epicondylus lateralis/medialis und Ferse (Calcaneus)) benutzt, sodass genau gemessene Elektrodenpunkte beim

zweiten Mal und dritten Mal bei der Elektrodenplatzierung der EMG-Messung für die gleiche Elektrodenposition benutzt werden konnten.

Tab. 3.6: Elektrodenposition der M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. biceps femoris, sowie M. semitendinosus

Muskulatur	Elektrodenposition
M. vastus lateralis	Auf einem Drittel der Linie zwischen dem äußeren Patellarand und dem vorderen oberen Darmbeinstachel (Spina iliaca anterior superior)
M. rectus femoris	Auf der Hälfte der Linie zwischen dem vorderen oberen Darmbeinstachel (Spina iliaca anterior superior) und des oberen Anteils der Patella (Basis patellae)
M. vastus medialis	Auf ein Fünftel der Linie zwischen der Vorderkante des Knieinnenbandes (Ligamentum collaterale tibiale) in Höhe des medialen Gelenkspalts (Condylus medialis femoris) und dem vorderen oberen Darmbeinstachel (Spina iliaca anterior superior)
M. biceps femoris	Auf der Hälfte der Linie zwischen der lateralen Kondyle des Tibiakopfes (Condylus lateralis tibiae) und Tuberositas iliaca
M. semitendinosus	Auf der Hälfte der Linie zwischen der medialen Kondyle des Tibiakopfes (Condylus medialis tibiae) und Tuberositas iliaca

### **3.6.3.2. Mess- und Auswertungsverfahren**

Für die Messungen wurde das Messgerät „MYOSYSTEM 1400A“ der Firma Noraxon U.S.A Inc. (Abb. 3.23) mit der zugehörigen Software „MyoResearch XP 2000“ verwendet. Das Messgerät besitzt acht Kanäle, wobei nur fünf für die EMG-Untersuchungen belegt wurden. Jeder Kanal wurde einem Muskelanteil zugeteilt. Diese konkrete Zuordnung wurde bei allen Probanden beibehalten. Für das Elektromyogramm der isokinetischen Kraftmessungen wurden alle Kabel verbunden, oben und unten die Oberschenkel mit einem dicken Tuch unterlegt und mit einem Oberschenkel-Stabilisationsgurt an der Sitzfläche fixiert. Die Kabel und Verstärker wurden mit Tapes entlastet und am Oberschenkel fixiert, sodass der normale isokinetische Kraftmessungsablauf nicht beeinträchtigt war (Abb. 3.24).



Abb. 3.23: „MYOSYSTEM 1400A“ der Firma Noraxon U.S.A Inc.



Abb. 3.24: EMG-Messung auf Biodex Medical System 2

Alle Kanäle der EMG-Anlage wurden überprüft, ob sie funktionstüchtig und korrekt angelegt sind. Biodex Isokinetiks Dynamometer wurde mit dem NORAXON EMG-System verbunden, sodass die Geschwindigkeit der Signale erfasst werden konnte.

Zu Beginn der Untersuchung konnten die Probanden auf den Isokinetikgeräten sitzen, um zu entspannen. Es wurde überprüft, ob jede einzelne EMG-Kurve sich auf der Nulllinie befindet. Dann wurden die bei zwei Tests von 5 Wiederholungen bei 60°/s und, nach einer dreiminütigen Pause, 10 Wiederholungen bei 150°/s entstehenden Spannungsschwankungen über den Muskeln erfasst (Abb. 3.25–26). Die EMG-Signale werden im Bandpass von 10 bis 1000 Hz als Roh-Signal zunächst ohne weitere Filterung erfasst. Sofern eine quantitative Datenanalyse angestrebt ist, wird eine EMG-spezifische Signalverarbeitung

angewendet. Die Signalverarbeitungsschritte werden im Folgenden dargestellt:

1. Finite-Impulse-Response-Filter (FIR)  
Die Ableitung der Muskulatur erfolgt unter Verwendung eines High-Pass Filters von 20 Hz.
2. Vollgleichrichtung: In einem Schritt werden alle negativen Amplituden durch mathematische Betragsbildung positiviert, die negativen Signalausschläge werden „nach oben“ geklappt.
3. Glättung: Basierend auf der mathematisch quadrierten Wurzel reflektiert der RMS-Wert die mittlere Leistung des Signals und gilt derzeit als der standardmäßig empfohlene Glättungsalgorithmus für EMG-Signale. In den hier vorliegenden Studien werden die EMG-Signale mit einem gleitenden Mittelwert von 100 Datenpunkten geglättet (Root Mean Square 100 ms Zeitkonstante).
4. Zeitnormalisierung: Es ist unmöglich, exakt die Dauer einer Wiederholung in der menschlichen Bewegung zu reproduzieren, sogar wenn isokinetische Geräte (konstante Bewegungsgeschwindigkeit kontrolliert durch Motoren) benutzt werden. Jede beobachtete Knieextension und Flexion wurde in 100 Zeiteinheiten aufgeteilt und jeder Datenpunkt, (Mittelwert jedes Intervalls) entspricht einem 1%-Schritt. Dann wird von der 2. bis zur 5. Wiederholung bei 60°/s und von der 2. bis zur 10. Wiederholung bei 150°/s die Bewegungssequenz von der Auswertungssoftware MyoResearch 2000 zur resultierenden gemittelten Kurve (Ensemble Average Curve) zusammengefasst.

Da Patienten keine MVCs mit verletzten Strukturen durchführen können (Konrad, 2005), ermittelt man keinen Maximal- und Mittelwert der elektrischen Aktivität eines jeden Muskels. Es wird der Parameter „Time to Peak“ verwendet, der keine Normalisierung benötigt, um den Aktivitätskurvenverlauf zu bewerten (De Luca, 1997).

Von der Auswertungssoftware MyoResearch 2000 kann auch die Gruppenmittellungskurve zusammengefasst werden, sodass die Aktivitätsverläufe beobachtet werden konnten.

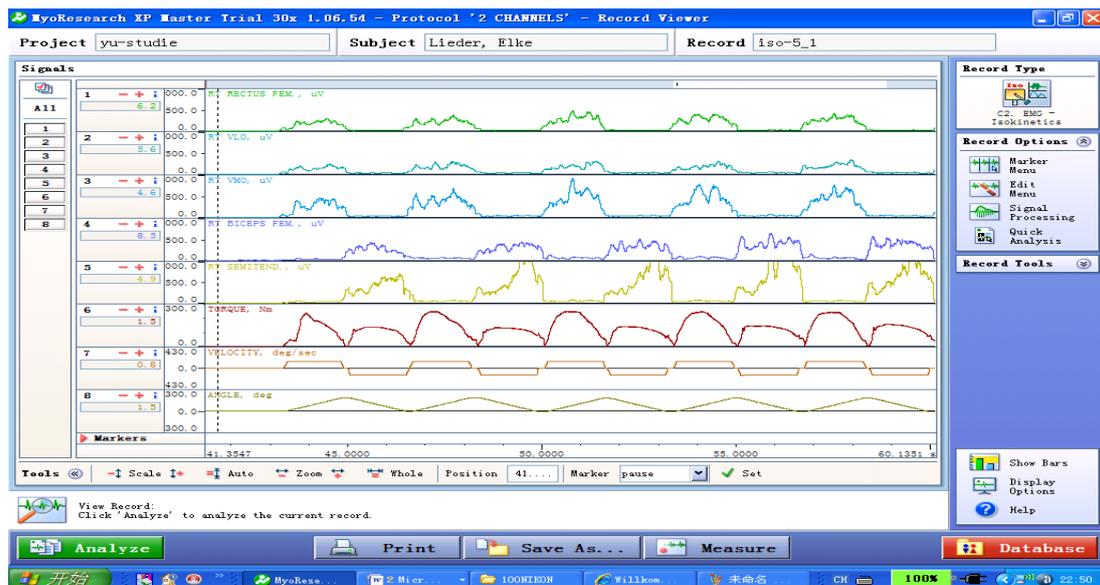


Abb. 3.25: Isokinetische EMG-Messungen zur Analyse der Oberschenkelmuskulatur bei der Testgeschwindigkeiten 60°/s

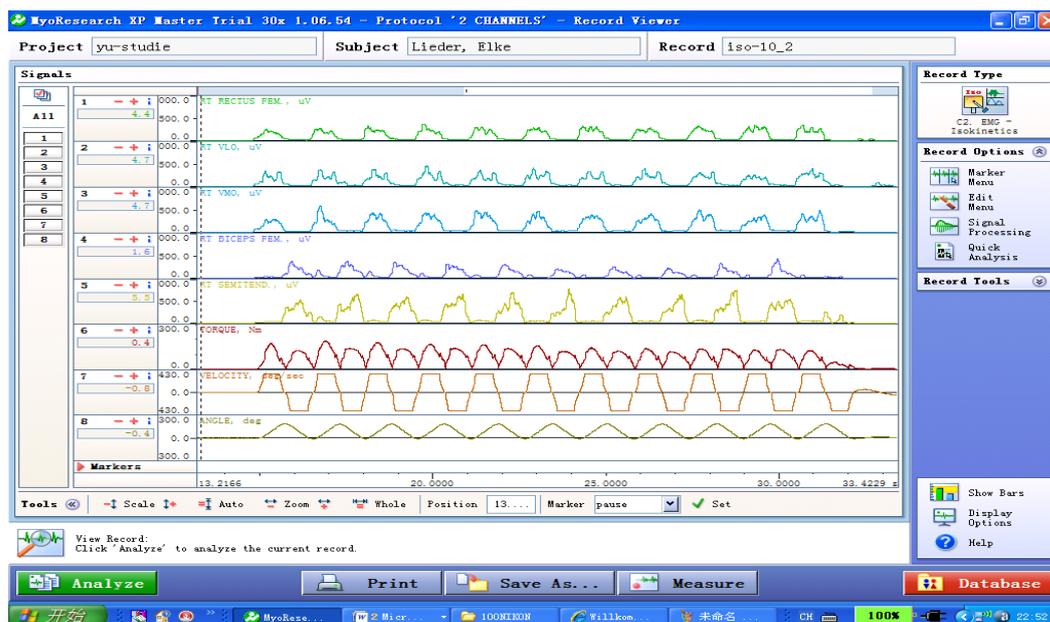


Abb. 3.26: Isokinetische EMG-Messungen zur Analyse der Oberschenkelmuskulatur bei der Testgeschwindigkeiten 150°/s

### 3.6.4. SF-36 und WOMAC

Der SF-36 in der deutschen Version ist ein Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Dieser Fragebogen ist als äußerst valides Untersuchungsmittel für Gonarthrose-Patienten anerkannt.

Der SF-36 stellt ein ökonomisches, standardisiertes Verfahren zur Erfassung der subjektiven Gesundheit dar. Dazu stehen acht Dimensionen mit ein bis zehn Items zur Verfügung, die die allgemeine Gesundheit, die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperliche Rollenfunktion in Bezug auf die täglichen Aktivitäten, Schmerzen, Vitalitätsgefühl, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion, psychisches Wohlbefinden und die empfundene Veränderung der Gesundheit erfassen (Tab. 3.7).

Sowohl Inhalt und Auswertung sind standardisiert. Maximal können 100 Prozent je Skala erreicht werden. Höhere Werte entsprechen einem besseren Gesundheitszustand.

Zur Auswertung der Daten wurde SPSS 14.0 angewendet. Die Rohwerte werden in transformierte Skalenwerte auf einer Skala von 0 bis 100 umgerechnet, sodass sowohl ein Vergleich der Skalen miteinander als auch mit verschiedenen Patientengruppen möglich wird.

Der WOMAC (Western Ontario und Mc Master Universities) Arthroseindex ist ein spezifisches Instrument für die Patientengruppe, das speziell entwickelt wurde, um die Symptome und die physische Funktionseinschränkung im Alltag von Patienten mit Gonarthrose und Coxarthrose zu erfassen.

Der in englischer Sprache entwickelte WOMAC wird für den deutschen Sprachraum adaptiert und auf die Test-Retest-Zuverlässigkeit und Gültigkeit getestet. Der WOMAC-Score erfasst mit fünf Items die Schmerzempfindung, mit zwei Items die Steifigkeit des Knies und mit 17 Items die Funktionseinschränkung (Tätigkeit) der Patienten im Alltag durch ihre Knieprobleme. Der WOMAC verwendet eine numerische Gradierungsskala mit einem Wertebereich von 0–10, wobei 0 für keine und 10 für extreme Schmerzen, Steifigkeit und Schwierigkeiten steht. Wir ermitteln zuerst die Rohwerte, die in transformierte Skalenwerte auf einer Skala von 0 bis 100 umgerechnet werden.

Tab. 3.7: Übersicht der Grunddimensionen und Subskalen des SF-36

Konzepte	Item-Anzahl	Inhalte
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
Körperliche Rollenfunktion	4	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z. B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen	2	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit sowohl im als auch außerhalb des Hauses
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktueller Gesundheitszustand, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
Vitalität	4	Sich energiegeladen und voller Schwung fühlen versus müde und erschöpft
Soziale Funktionsfähigkeit	2	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion	3	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u.a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches Wohlbefinden	5	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gemüthsstimmung
Veränderung der Gesundheit	1	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustands im Vergleich zum vergangenen Jahr
Körperliche Summenskala		Umfasst die „Körperliche Funktionsfähigkeit“, „Körperliche Rollenfunktion“, den „Körperlichen Schmerz“ und die „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“
Psychische Summenskala		Umfasst die „Vitalität“, „Soziale Funktionsfähigkeit“, „Emotionale Rollenfunktion“ und das „Psychische Wohlbefinden“

Beide Fragebögen wurden zu drei Untersuchungszeitpunkten (vor der Behandlung, nach sechs und zwölf Wochen Bewegungstherapie) jeweils nach Abschluss der Kraftmessung und EMG-Messung in einem ruhigen Raum bearbeitet. Die Patienten sollten ihr derzeitiges Befinden angeben und ein Kreuz auf der jeweiligen Skala machen. 12 Wochen nach der Bewegungstherapie haben die Patienten die beiden Fragebögen per Post bekommen, ausgefüllt und wieder zurückgeschickt.

### **3.7. Statistik**

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurde unter Zuhilfenahme des Programmes MICROSOFT EXCEL, des Softwarepaket SPSS 14.0 für Windows und des Varianzanalyseprogramms EASYSTAT Version 3.4 berechnet. Alle Ergebnisse wurden als arithmetisches Mittel und Standardabweichungen präsentiert.

Nach Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen (Kolmogorow-Smirnow-Test) (vgl. Bühl 2006, 113) und Homogenität der Varianzen wird die mehrfaktorielle Varianzanalyse eingesetzt. Im Fall von nicht gegebener Varianzhomogenität wird die Signifikanzschranke nicht bei  $p = 0,05$ , sondern bei  $P = 0,01$  anzusetzen (vgl. Bühl 2006, 422).

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen wird mit dem Ziel eingesetzt, die Messparameter dahingehend zu untersuchen, ob ein mehr als zufälliger Unterschied vorliegt:

- 1) zwischen den vier Messzeitpunkten
- 2) zwischen der Bewegungstherapie und der Kombinationstherapie (Bewegungstherapie kombiniert mit zwei verschiedenen Anfangszeitpunkten der Akupunktur)

Die zu untersuchenden Haupteffekte auf die Messparameter sind demnach:

- 1) Messzeitpunkt (0., 6., 12. und 24. Woche)
- 2) Gruppe (Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3)

Aufgrund der nicht vorhandenen Normalverteilung (geprüft mittels Kolmogorov-Smirnov-Test) der Daten werden nichtparametrische Prüfmethoden (Kruskal-Wallis-Test und Friedman-Test) verwendet. Es werden jeweils die Signifikanzen für den Einfluss der Haupteffekte auf die Messparameter und Wechselwirkungen zwischen den Haupteffekten berechnet. Ist ein Haupteffekt

signifikant, wird ein multipler Mittelwertvergleich durchgeführt. Für vier Messzeitpunkte wird als multipler Mittelwertvergleich der Sidak und für drei Gruppen der Student-Newman-Keuls-Test durchgeführt.

Lag eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten vor, so werden die signifikanten Haupteffekte nicht weiter interpretiert. Stattdessen erfolgt die Interpretation der Wechselwirkung über die Berechnung der „einfachen Effekte“ (hier: Student-Newman-Keuls-Test).

Bei ordinalskalierten Parametern wird die Berechnung der Haupteffekte und einfachen Effekte statt eines multiplen Mittelwertvergleichs nach Bonferroni adjustiert (vgl. Clauß et al., 2004, 267).

Die Signifikanzniveaus werden wie folgt festgelegt:

$p > 0,05$  nicht signifikant (n.s)

$p \leq 0,05$  signifikant

$p \leq 0,01$  sehr signifikant

$p \leq 0,001$  hochsignifikant

## 4. Ergebnisdarstellung

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse für die Ausdauerleistungsfähigkeit, die isokinetischen Messungen, das neuromuskuläre Ansteuerungsverhalten (EMG-Messung) sowie die Fragebögen SF-36 und WOMAC dargestellt.

Die Ergebnisse werden in tabellarischer und graphischer Form dargestellt. Hierbei geben die Tabellen einen Überblick über die Ergebnisse der drei Versuchsgruppen zu verschiedenen Messzeitpunkten.

### 4.1. Ausdauerleistungsfähigkeit

Die Erholungsgeschwindigkeit der Herzfrequenz ist für gesunde Menschen ein Indikator der Ausdauerleistungsfähigkeit und des Gesundheitszustands der Koronararterie (vgl. Cardus et al., 1967; Kostis et al., 1982; Darr et al., 1988). Eine unnormale langsame Erholungsgeschwindigkeit der Herzfrequenz nach dem Ausdauertraining kann auf eine Erkrankung der Koronararterie hinweisen (vgl. Diaz et al., 2001; Lipinski et al., 2004).

Zur Beurteilung der Ausdauerfähigkeit wurden die Herzschlagfrequenzen in der ersten und dritten Erholungsminute erfasst. Bei einem Patient aus Gruppe 2 und zwei Patienten aus Gruppe 3 war der Gehstest nicht möglich, da sie nicht in der Lage waren, längere Zeit auf dem Laufband zu gehen. Diese Personen gingen nicht in die Wertung ein.

Eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ liegt nicht vor.

Zu den drei Messzeitpunkten (0. Woche, 6. Woche und 12. Woche) im Verlauf der Bewegungstherapie liegt kein Unterschied zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für die erste und dritte Erholungsminute vor.

In der gesamten Gruppe liegt eine signifikante Reduktion bei der ersten Erholungsminute vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche:  $128,92 \pm 18,18$  bpm vs. 6. Woche:  $119,87 \pm 16,18$  bpm,  $p < 0,001$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche:  $128,92 \pm 18,18$  bpm vs. 12. Woche:  $117,13 \pm 13,52$  bpm,  $p < 0,001$ ) vor (Tab. 4.1 und Abb. 4.1).

Tab. 4.1: Herzschlagfrequenz (bpm) in der ersten Erholungsminute für die drei Untersuchungsgruppen während der 12-wöchigen Trainingsphase (MW  $\pm$  SD)

Herzschlagfrequenz in 1. Erholungsminute	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 13)	Gruppe 3 (n = 13)	p Gruppenvergleich
0. Woche	132,00 $\pm$ 21,39	127,92 $\pm$ 15,23	126,85 $\pm$ 18,48	n.s.
6. Woche	121,46 $\pm$ 15,73	121,15 $\pm$ 16,34	117,00 $\pm$ 17,36	
12. Woche	118,00 $\pm$ 12,04	117,54 $\pm$ 13,36	115,85 $\pm$ 15,89	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p < 0,001$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$			Wechselwirkung n.s.

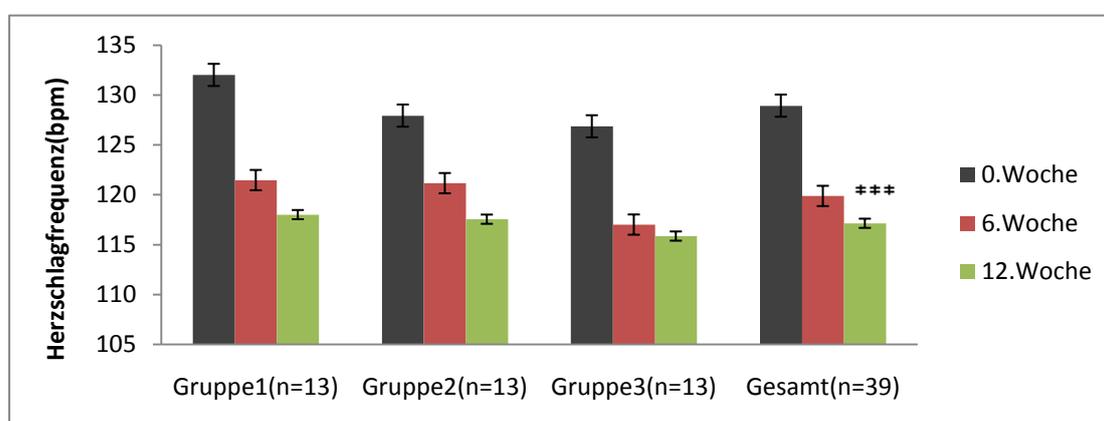


Abb. 4.1: Herzschlagfrequenz (bpm) in der ersten Erholungsminute während der 12-wöchigen Trainingsphase (\*\*\*)  $p < 0,001$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

Bei der dritten Erholungsminute zeigt sich in der gesamten Gruppe auch eine signifikante Reduktion vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche:  $102,90 \pm 15,26$  bpm vs. 6. Woche:  $96,95 \pm 12,28$  bpm,  $p < 0,01$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche:  $102,90 \pm 15,26$  bpm vs. 12. Woche:  $94,87 \pm 10,57$  bpm,  $p < 0,001$ ) (Tab 4.2 und Abb. 4.2).

Tab. 4.2: Herzschlagfrequenz (bpm) in der dritten Erholungsminute für die drei Untersuchungsgruppen während der 12-wöchigen Trainingsphase (MW± SD)

Herzschlagfrequenz in 3. Erholungsminute	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 13)	Gruppe 3 (n = 13)	p Gruppenvergleich
0. Woche	104,62 ± 17,84	104,23 ± 16,86	99,85 ± 10,92	n.s.
6. Woche	98,00 ± 12,73	98,46 ± 11,89	94,38 ± 12,79	
12. Woche	95,08 ± 11,13	94,54 ± 10,40	95,00 ± 10,57	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche p < 0,01 0. Woche vs. 12. Woche p < 0,001			Wechselwirkung n.s.

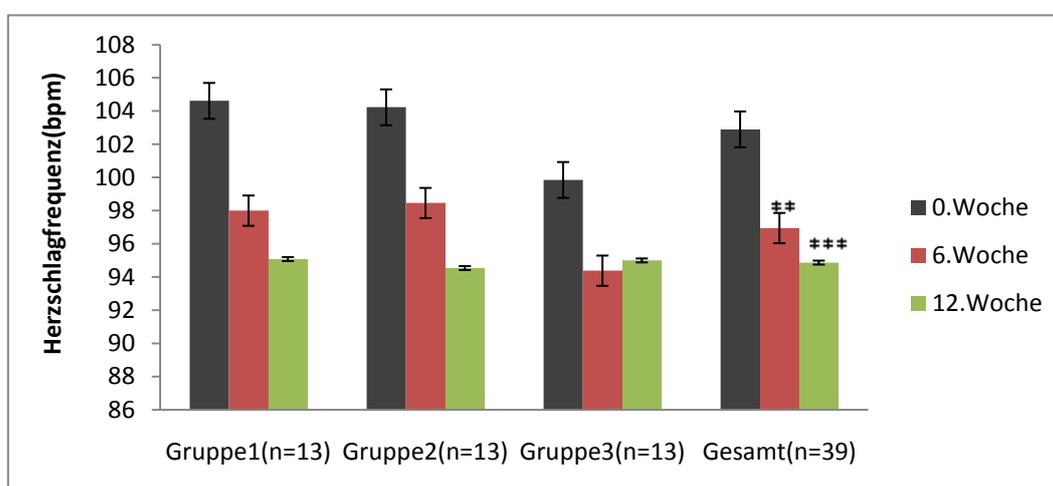


Abb. 4.2: Herzschlagfrequenz (bpm) in der dritten Erholungsminute (\*\*\*)  $p < 0,001$  und \*\*  $p < 0,01$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

## 4.2. Ergebnisse der isokinetischen Messungen

Zu den untersuchten Parametern zählen das maximale Drehmoment der Knieextensoren, das maximale Drehmoment der Knieflexoren, die Gesamtarbeit der Extensoren, die Gesamtarbeit der Flexoren und das Verhältnis des maximalen Drehmoment-Wertes der Flexoren zu dem der Extensoren jeweils bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s.

Siebzehn Patienten wurden aufgrund einer technischen Störung von der Messung ausgeschlossen. Deshalb gingen nur 7 Patienten aus Gruppe 1, 11 Patienten aus Gruppe 2 und 7 Patienten aus Gruppe 3 in diese Auswertung ein.

#### 4.2.1. Maximales Drehmoment

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist für das maximale Drehmoment der Extensoren und Flexoren bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s eine nicht signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf, d.h. trotz unterschiedlicher Therapie zeigen die drei Gruppen in dieser Richtung die gleichen Veränderungen.

##### 4.2.1.1. Maximales Drehmoment der Knieextensoren bei 60°/s und 150°/s

Beim maximalen Drehmoment der Knieextensoren liegen zu den Messzeitpunkten 0. Woche, 6. Woche und 12. Woche keine Unterschiede zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s vor.

Abb. 4.3 zeigt signifikante Steigerungen bei der Testgeschwindigkeit 60°/s in der Gesamtgruppe. Die Steigerung liegt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche:  $105,88 \pm 41,96$  Nm vs. 6. Woche:  $115,12 \pm 50,71$  Nm,  $p < 0,05$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche vor (0. Woche:  $105,88 \pm 41,96$  Nm vs. 12. Woche:  $119,80 \pm 50,79$  Nm,  $p = 0,001$ ) (Tab. 4.3).

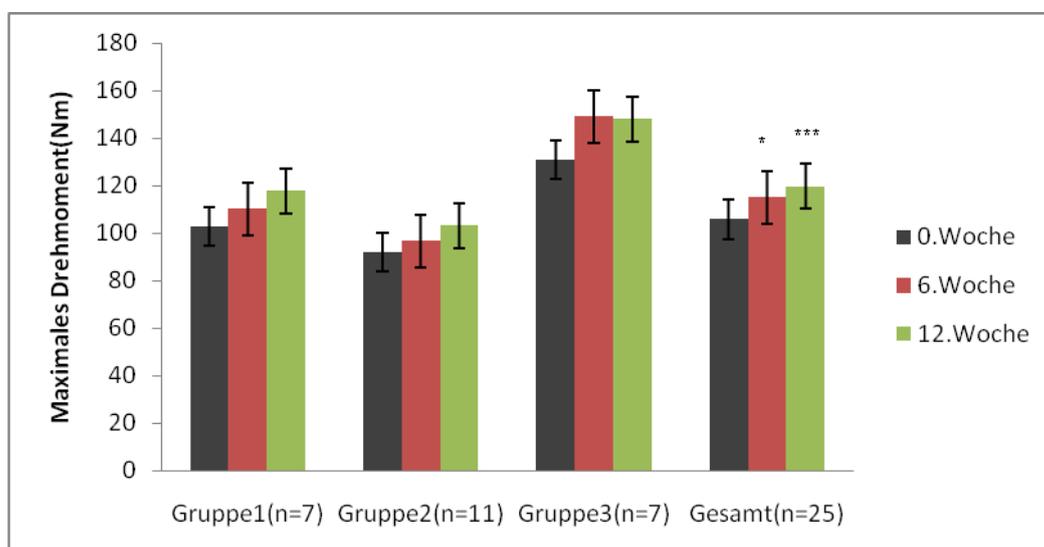


Abb. 4.3: Maximales Drehmoment der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*\* $p = 0,001$  und \* $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

Tab. 4.3: Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW ± SD)

Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	102,90 ± 28,46	93,58 ± 29,14	130,76 ± 60,23	n.s.
6. Woche	110,14 ± 27,09	95,00 ± 32,98	149,17 ± 76,49	
12. Woche	117,84 ± 27,83	103,14 ± 37,53	147,94 ± 75,89	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche p < 0,05 0. Woche vs. 12. Woche p = 0,001			Wechselwirkung n.s.

Genau wie bei der Testgeschwindigkeit 60°/s zeigt Abb. 4.4 auch eine signifikante Steigerung bei der Testgeschwindigkeit 150°/s in der Gesamtgruppe vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche: 80,78 ± 29,4 Nm vs. 6. Woche: 88,45 ± 34,19 Nm, p < 0,01) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche: 80,78 ± 29,4 Nm vs. 12. Woche: 90,70 ± 7,75 Nm, p < 0,01) (Tab. 4.4).

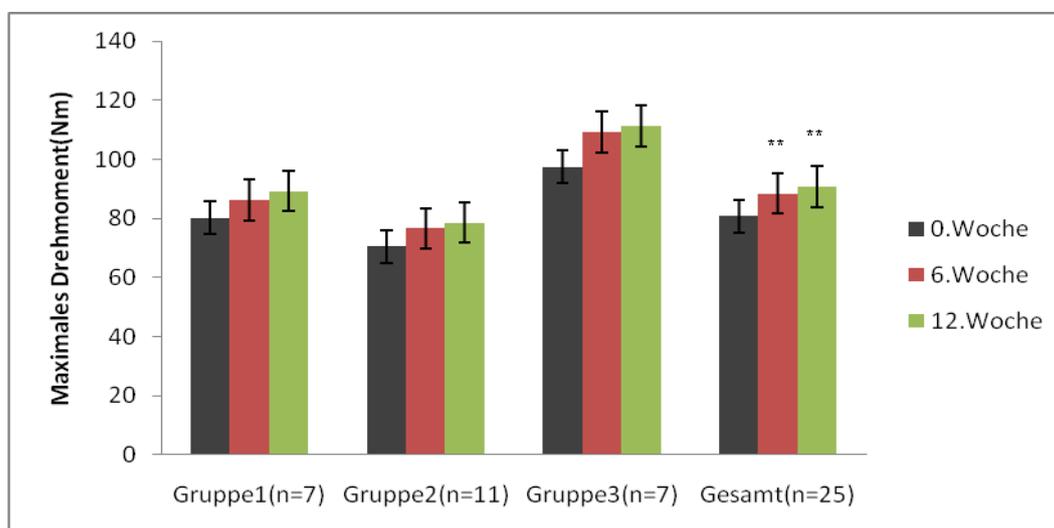


Abb. 4.4: Maximales Drehmoment der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*\* p < 0,01 verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

Tab. 4.4: Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW ± SD)

Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	P Gruppenvergleich
0. Woche	80,14 ± 17,61	71,43 ± 20,21	97,47 ± 43,53	n.s.
6. Woche	86,23 ± 20,07	75,77 ± 25,22	109,26 ± 50,34	
12. Woche	89,19 ± 23,41	78,54 ± 28,40	111,34 ± 55,11	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche p < 0,01 0. Woche vs. 12. Woche p < 0,01			Wechselwirkung n.s.

#### 4.2.1.2. Maximales Drehmoment der Knieflexoren bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s

Zu den drei Messzeitpunkten liegt kein signifikanter Einfluss für das maximale Drehmoment der Knieflexoren zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s vor.

In Abb. 4.5 zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Gesamtgruppe im Verlauf der 12-wöchigen Therapie bei der Testgeschwindigkeit 60°/s. Die signifikante Steigerung liegt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche: 48,54 ± 20,10 Nm vs. 6. Woche: 55,73 ± 24,89 Nm, p < 0,001), vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche: 48,54 ± 20,10 Nm vs. 12. Woche: 59,83 ± 24,49 Nm, p < 0,001) und vom Messzeitpunkt 6. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche vor (6. Woche: 55,73 ± 24,89 Nm vs. 12. Woche: 59,83 ± 24,49 Nm, p < 0,05) (Tab. 4.5).

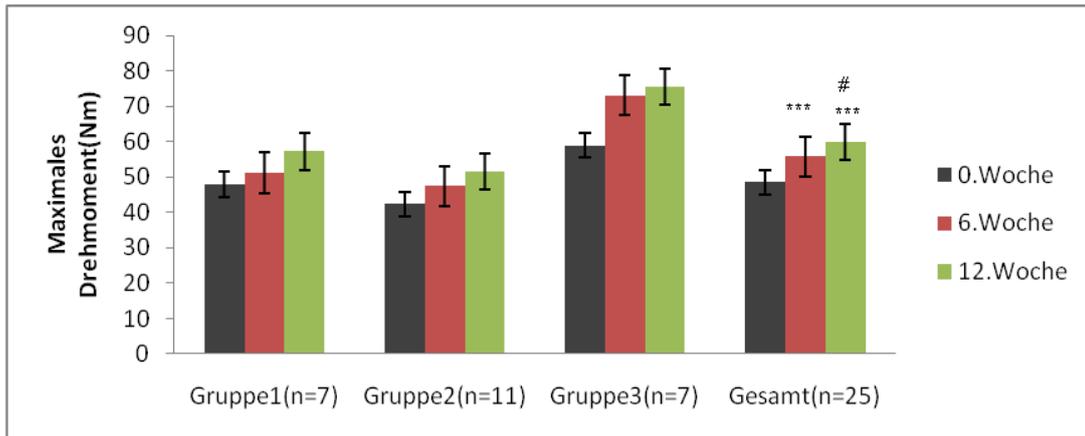


Abb. 4.5: Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12 wöchigen Therapie (\*\*\*)  $p < 0,001$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche und #  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 6. Woche in der gesamten Gruppe)

Tab. 4.5: Maximales Drehmoment (Nm) der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW± SD)

Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	47,93 ± 16,48	42,82 ± 11,05	58,93 ± 30,45	n.s.
6. Woche	51,23 ± 16,31	47,00 ± 14,46	73,16 ± 37,24	
12. Woche	57,19 ± 15,34	51,53 ± 18,14	75,53 ± 34,56	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p < 0,001$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$ 6. Woche vs. 12. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s.

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s zeigt sich (Abb. 4.6) auch eine signifikante Steigerung in der Gesamtgruppe vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche: 43,65± 15,77 Nm vs. 6. Woche: 48,14± 18,85 Nm,  $p < 0,05$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche: 43,65± 15,77 Nm vs. 12. Woche: 50,96± 18,15 Nm,  $p = 0,001$ ) (Tab. 4.6).

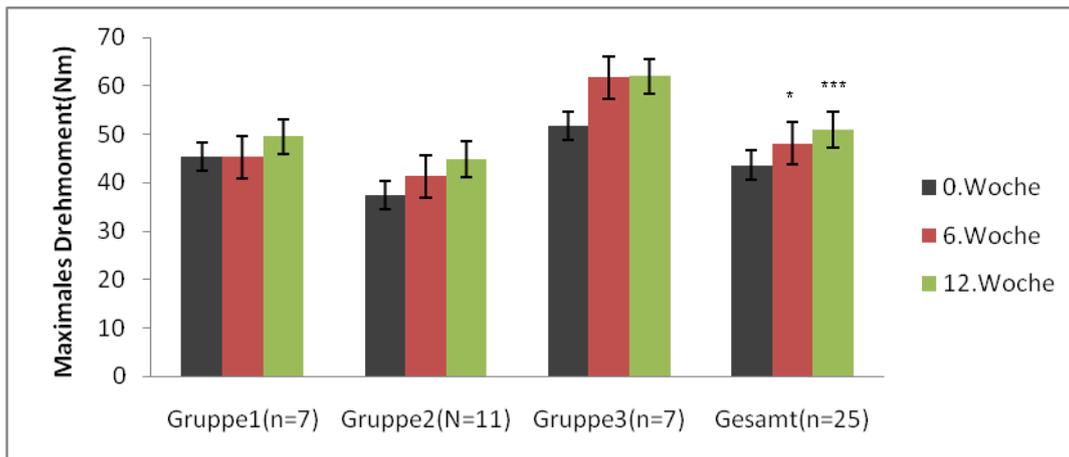


Abb. 4.6: Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*\* $p = 0,001$  und \*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

Tab. 4.6: Maximales Drehmoment (Nm) der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW  $\pm$  SD)

Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	45,39 $\pm$ 12,83	38,15 $\pm$ 10,73	51,74 $\pm$ 21,38	n.s.
6. Woche	45,26 $\pm$ 12,08	40,57 $\pm$ 14,54	61,72 $\pm$ 25,51	
12. Woche	49,51 $\pm$ 12,57	44,85 $\pm$ 15,40	62,01 $\pm$ 23,46	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p < 0,05$ 0. Woche vs. 12. Woche $p = 0,001$			Wechselwirkung n.s.

#### 4.2.2. Verhältnis des maximalen Drehmoments der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s eine nicht signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf.

Zu den drei Messzeitpunkten liegt kein Unterschied zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s vor.

Bezüglich des Verhältnisses des maximalen Drehmoment-Wertes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und

150°/s können keine signifikanten Unterschiede im Verlauf der Therapie in den drei Gruppen festgestellt werden (Tab. 4.7 und 4.8).

Tab. 4.7: Verhältnisse des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren von drei Gruppen an drei ausgewählten Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s (MW ± SD%)

Verhältnisse des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren bei 60°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	46,81 ± 10,26	47,16 ± 8,05	46,72 ± 16,06	n.s.
6. Woche	46,34 ± 6,62	51,58 ± 13,10	51,86 ± 17,41	
12. Woche	48,33 ± 3,78	51,82 ± 14,01	53,68 ± 12,57	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.8: Verhältnisse des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren von drei Gruppen an drei ausgewählten Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s (MW± SD%)

Verhältnis des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren bei 150°/s	Gruppe1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	57,00 ± 11,43	54,21 ± 8,03	55,34 ± 15,80	n.s.
6. Woche	52,85 ± 7,70	53,95 ± 8,25	59,22 ± 15,75	
12. Woche	55,66 ± 3,72	59,47 ± 17,11	60,46 ± 17,80	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

### 4.2.3. Gesamte Arbeit

#### 4.2.3.1. Gesamte Arbeit der Knieextensoren bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s eine nicht signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf.

Es zeigt sich die Zunahme der Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie. Zu drei Messzeitpunkten (0. Woche, 6. Woche und 12. Woche) liegt kein Unterschied zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s vor.

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s ist die Gesamtarbeit der Knieextensoren in der Gesamtgruppe beim Messzeitpunkt 0. Woche signifikant geringer als beim Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche: 507,40 ± 203,35 J vs. 6. Woche: 544,17 ± 231,74 J,  $p < 0,05$ ) sowie als beim Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche: 507,40 ± 203,35 J vs. 12. Woche: 587,65 ± 247,47 J,  $p < 0,001$ ). Die Gesamtarbeit der Knieextensoren in der Gesamtgruppe ist beim Messzeitpunkt 6. Woche signifikant geringer als beim Messzeitpunkt 12. Woche (6. Woche: 544,17 ± 231,74 J vs. 12. Woche: 587,65 ± 247,47 J,  $p < 0,05$ ) (Abb. 4.7 und Tab 4.9).

Tab. 4.9: Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW ± SD)

Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	501,21 ± 136,17	426,73 ± 141,05	640,34 ± 284,78	n.s.
6. Woche	544,07 ± 161,71	440,30 ± 121,45	707,50 ± 336,41	
12. Woche	598,00 ± 160,83	486,69 ± 173,12	736,00 ± 353,08	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p < 0,05$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$ 6. Woche vs. 12. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s.

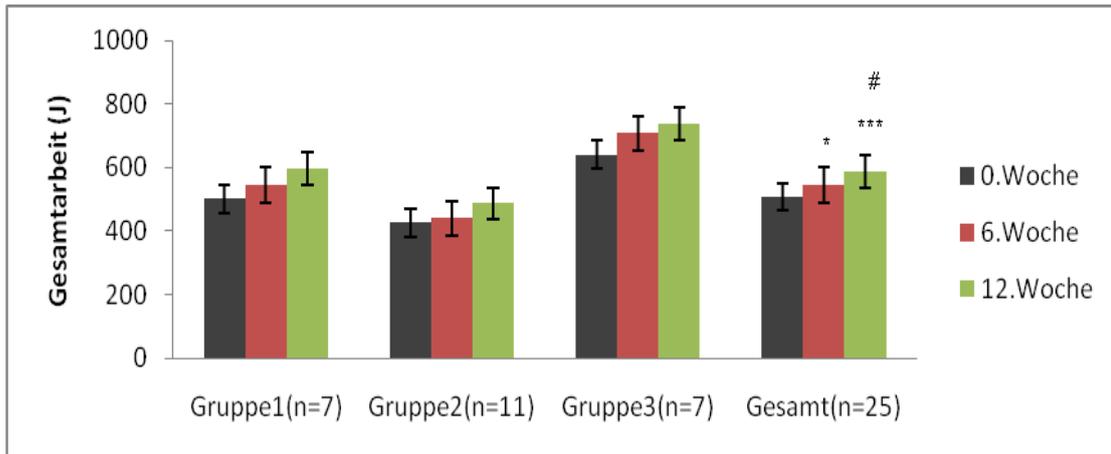


Abb. 4.7: Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*\*\*  $p < 0,001$  und \*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche und #  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 6. Woche in der gesamten Gruppe)

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s ist die Gesamtarbeit der Knieextensoren in der Gesamtgruppe zum Messzeitpunkt 0. Woche signifikanter geringer als beim Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche:  $781,51 \pm 274,74$  J vs. 12. Woche:  $905,99 \pm 385,55$  J,  $p < 0,05$ ) (Abb. 4.8 und Tab. 4.10).

Tab. 4.10: Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW  $\pm$  SD)

Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	775,14 $\pm$ 159,79	688,62 $\pm$ 199,44	933,86 $\pm$ 408,84	n.s.
6. Woche	846,56 $\pm$ 262,99	741,65 $\pm$ 235,58	1099,20 $\pm$ 537,69	
12. Woche	880,46 $\pm$ 199,06	775,52 $\pm$ 273,10	1136,60 $\pm$ 580,24	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s.

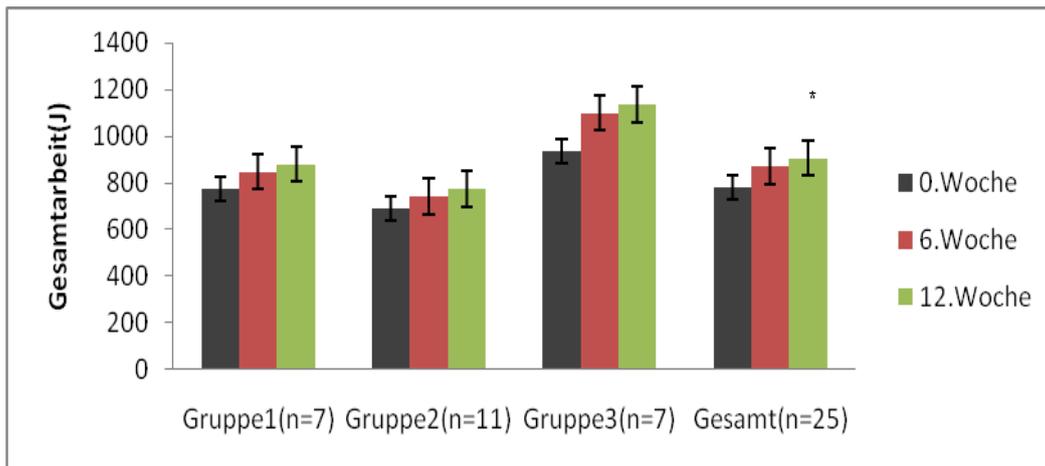


Abb. 4.8: Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der gesamten Gruppe)

#### 4.2.3.2. Gesamtarbeit der Knieflexoren bei 60°/s und 150°/s

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist eine signifikante Wechselwirkung für die Testgeschwindigkeiten 60°/s ( $p < 0,05$ ) und 150°/s ( $p < 0,01$ ) zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf.

Für die Testgeschwindigkeit 60°/s zum Messzeitpunkt 6. Woche weist die Gruppe 3 eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren auf als die Gruppe 2 ( $p < 0,05$ ).

Im Hinblick auf die Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten bei Testgeschwindigkeit 60°/s zeigt sich, dass bei Gruppe 1 und Gruppe 3 ein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten vorliegt. Bei Gruppe 1 zeigt der multiple Mittelwertvergleich auf, dass eine signifikante Steigerung der Gesamtarbeit der Knieflexoren vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,05$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) eintritt. Bei Gruppe 3 liegt eine signifikante Steigerung der Gesamtarbeit der Knieflexoren vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,01$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) vor (Tab. 4.11 und Abb. 4.9).

Tab. 4.11: Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW ± SD)

Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	253,79 ± 87,37	213,80 ± 67,20	314,59 ± 169,63	n.s.
6. Woche	288,33 ± 97,47	234,45 ± 82,72	393,56 ± 184,90	G*. 2 vs. G. 3 p < 0,05
12. Woche	311,29 ± 90,93	246,78 ± 88,63	410,40 ± 194,81	n.s.
p Zeitpunktvergleich	0. W*. vs. 6. W. p < 0,05 0. W. vs.12.W. p < 0,01	n.s.	0. W. vs. 6. W. p < 0,01 0. W. vs.12. W. p < 0,01	Wechselwirkung p < 0,05

W\*. = Woche, G\*. = Gruppe

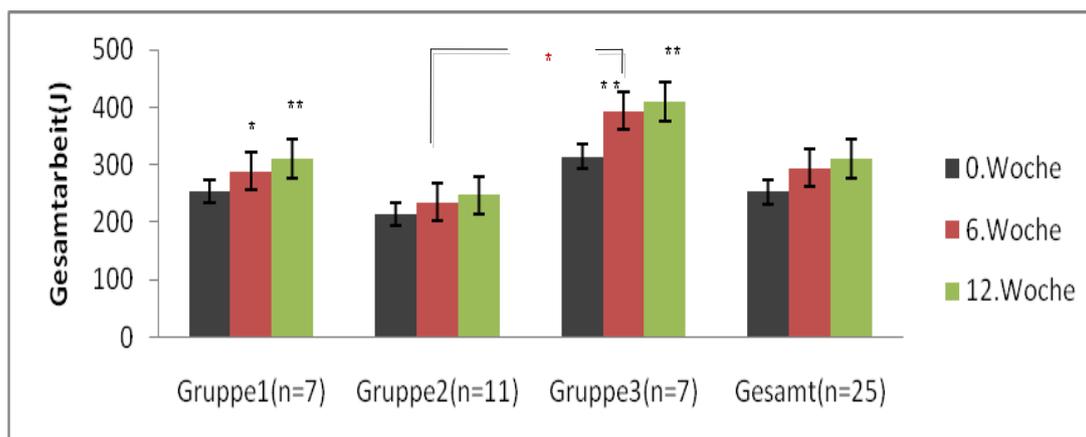


Abb. 4.9: Gesamtarbeit der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\* p < 0,05 und \*\* p < 0,01 verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gruppe 1 und Gruppe 3; \* p < 0,05 signifikanter Unterschied zwischen Gruppen am Messzeitpunkt 6. Woche)

Für die Testgeschwindigkeit 150°/s zum Messzeitpunkt 6. Woche weist die Gruppe 3 eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren auf als die Gruppe 2 und Gruppe 1 (Gruppe 3 vs. Gruppe 2, p < 0,05 und Gruppe 3 vs. Gruppe 1, p < 0,05). Zum Messzeitpunkt 12. Woche weist die Gruppe 3 eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren auf als die Gruppe 2 (Gruppe 3 vs. Gruppe 2, p < 0,05).

Im Hinblick auf die Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s zeigt der multiple Mittelwertvergleich auf, dass nur bei Gruppe 3 eine signifikante Steigerung der Gesamtarbeit der Knieflexoren vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,01$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) eintritt (Tab. 4.12 und Abb. 4.10).

Tab. 4.12: Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 in den verlaufenden Messzeitpunkten (MW  $\pm$  SD)

Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 7)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 7)	p Gruppenvergleich
0. Woche	455,41 $\pm$ 115,28	340,69 $\pm$ 128,17	462,01 $\pm$ 237,37	n.s.
6. Woche	451,59 $\pm$ 132,00	364,33 $\pm$ 140,13	627,17 $\pm$ 273,83	Gruppe 1 vs. Gruppe 3 $p < 0,05$ Gruppe 2 vs. Gruppe 3 $p < 0,05$
12. Woche	481,62 $\pm$ 105,54	392,27 $\pm$ 114,40	632,84 $\pm$ 278,40	Gruppe 2 vs. Gruppe 3 $p < 0,05$
p Zeitpunktvergleich	n.s.	n.s.	0. W* vs. 6. W. $p < 0,01$ 0. W. vs. 12. W. $p < 0,01$	Wechselwirkung $p < 0,01$

W\* = Woche

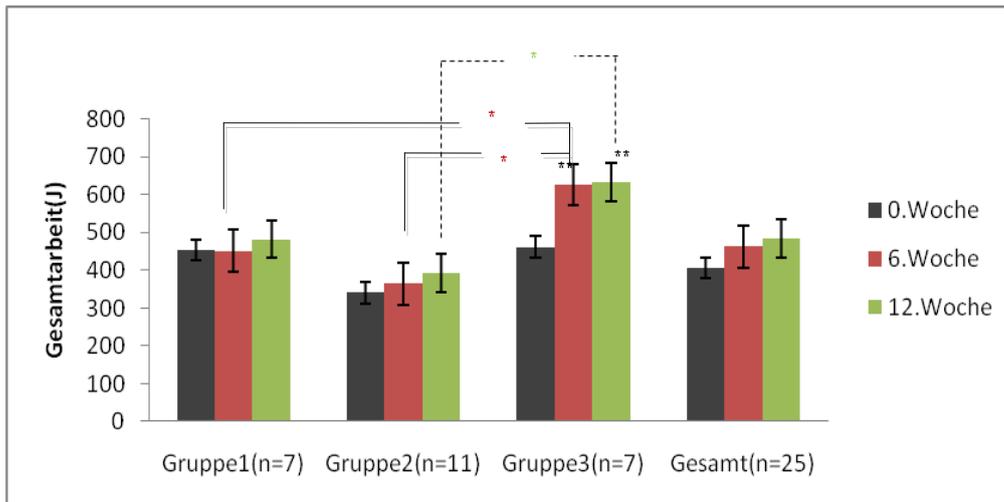


Abb. 4.10: Gesamtarbeit der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (\*\*  $p < 0,01$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gruppe 3; \*  $p < 0,05$  signifikanter Unterschied zwischen Gruppen am Messzeitpunkt 6. Woche; \*  $p < 0,05$  signifikanter Unterschied zwischen Gruppen am Messzeitpunkt 12. Woche)

#### 4.3. Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten (EMG-Messung)

Die Ergebnisse der Evaluation neuromuskulärer Ansteuerung werden für die Muskeln M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. biceps femoris sowie M. semitendinosus bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s in einer qualitativen und quantitativen Analyse dargestellt.

In der vorliegenden Untersuchung stellen das arithmetische Mittel (Mittelwert) und dessen Standardabweichung die Variablen dar. Darüber hinaus sollen über das Probandenkollektiv (jeder Gruppe) gemittelte Aktivitätsverläufe zu jedem Messzeitpunkt für alle Muskeln erstellt werden.

Der Umkehrpunkt liegt bei allen Muskeln bei 50 % des zeitnormalisierten Zyklus. Bis zu diesem Punkt verläuft die Knieextensionsphase, danach die Knieflexionsphase.

In der vorliegenden Studie konnte wegen Beschwerden im Knie und der Unsicherheit bei großer Belastung die MVC-Ampulitudennormalisierung nicht durchgeführt werden. Deswegen werden die EMG-Daten mikrovoltskaliert gelassen. Daran schließt sich die Darstellung der Ergebnisse in Form der Veränderung des Aktivitätsverlaufs während der Therapiezeit an. Auf der y-Achse sind die mikrovoltskalierten Werte abzulesen, auf der x-Achse ist die

Zeit der Übungsdauer in Prozent angegeben, dabei entspricht die Gesamtübungsdauer 100 % des Zyklus.

Die qualitative Darstellung der neuromuskulären Analyse des EMGs erfolgt getrennt für jeden der untersuchten fünf Muskeln für jede Gruppe bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s.

#### 4.3.1. Qualitative Darstellung der neuromuskulären Ansteuerung bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s

In der Auswertung der qualitativen Datenanalyse der Gruppe 1 zeigen sich für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s im Mittelungszyklus von 12 Probanden bei drei Messzeitpunkten einige Veränderungen.

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s ist die höchste Innervation im Mittelungszyklus von M. biceps femoris zum Ende der konzentrischen Phase am Messzeitpunkt 0. Woche erreicht. Eine kürzere Aktivitätsplateauphase zeigt sich mit 74 % und 99 % des Zyklus am Messzeitpunkt 0. Woche und zwischen 79 % und 96 % des Zyklus am Messzeitpunkt 6. Woche. Die Innervation ändert sich im Therapiezeitraum und zeigt am Messzeitpunkt 12. Woche eine Aktivitätsplateauphase zwischen 63 % und 95 % des Zyklus. Die elektrische Aktivität steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche kontinuierlich an (Abb. 4.11).

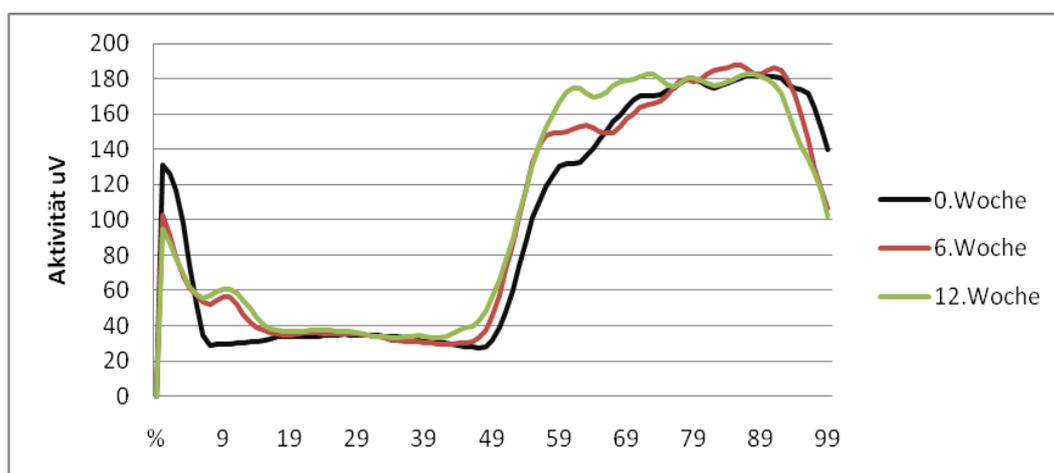


Abb. 4.11: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1 (n = 12)

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus von M. vastus lateralis, M. rectus femoris, M. vastus medialis sowie M. semitendinosus zeigen sich meistens eine Aktivitätsplateauphase und keine deutliche Innervationsveränderung im Therapiezeitraum.

Es zeigt sich im Mittelungszyklus von M. vastus lateralis eine Aktivitätsspitzenkurve am Anfang der konzentrischen Phase und von M. semitendinosus eine Aktivitätsspritzekurve Ende der konzentrischen Phase am Messzeitpunkt 6. Woche (Abb. 4.12 und Abb. 4. 15). Die elektrische Aktivität der M. vastus medialis und M. semitendinosus steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche an (Abb. 4.13 und Abb. 4.15). Die elektrische Aktivität der M. vastus lateralis und M. rectus femoris nimmt erst zum Messzeitpunkt 6. Woche ab. Zum Messzeitpunkt 12. Woche nimmt sie wieder zu (Abb. 4.12 und Abb. 4.14).

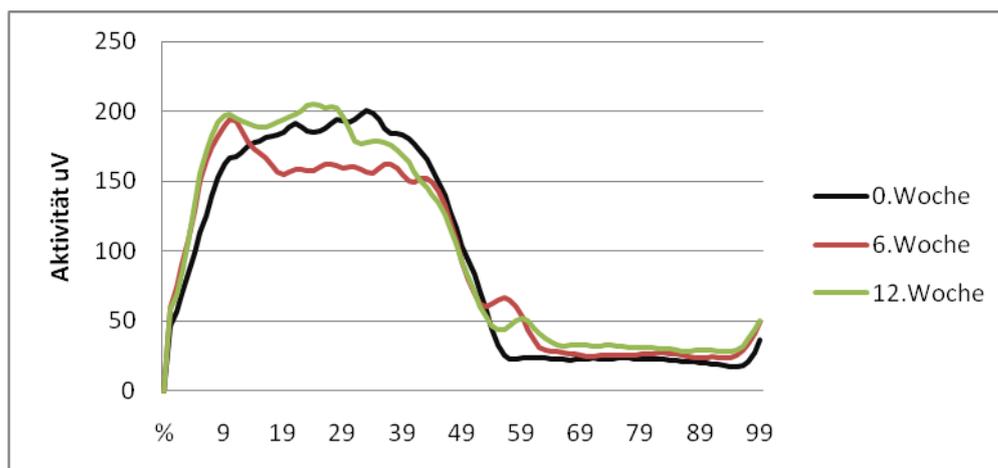


Abb. 4.12: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe1 (n = 12)

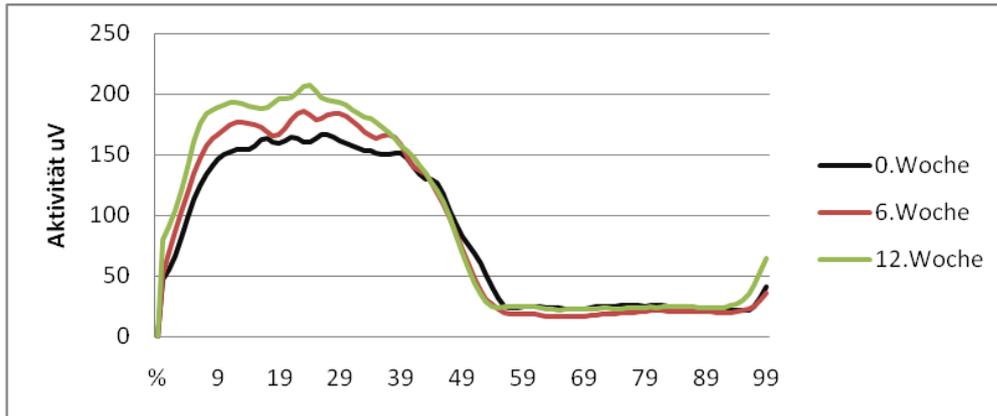


Abb. 4.13: Aktivitätsverlauf des *M. vastus medialis* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60%/s für Gruppe 1 (n = 12)

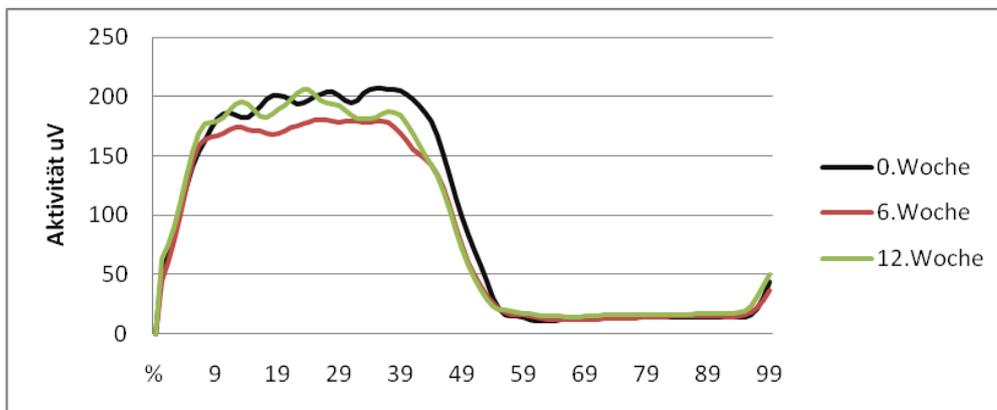


Abb. 4.14: Aktivitätsverlauf des *M. rectus femoris* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60%/s für Gruppe 1 (n = 12)

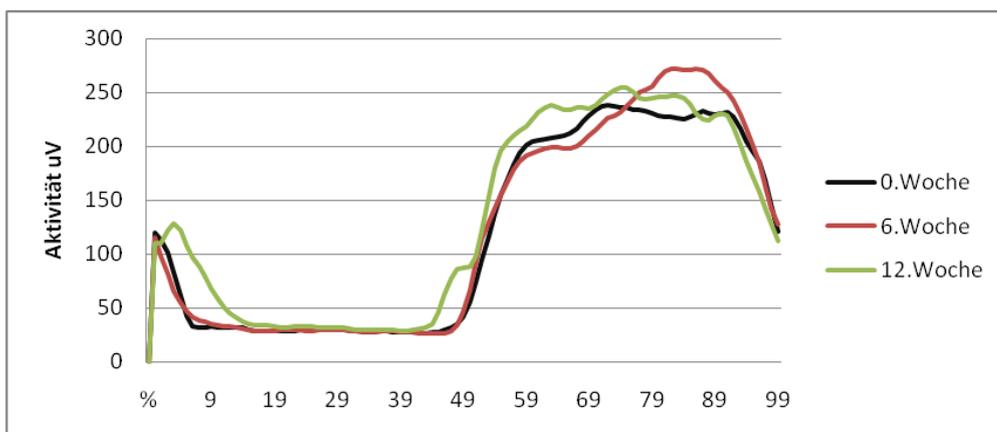


Abb. 4.15: Aktivitätsverlauf des *M. Semitendinosus* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60%/s für Gruppe 1 (n = 12)

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s ist die höchste Innervation im Mittelungszyklus von M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis und M. biceps femoris in der Mitte der konzentrischen Phase (Abb. 4.16, Abb. 4.17, Abb. 4.18 und Abb. 4.19). Am Messzeitpunkt 0. Woche zeigt sich eine kurze Plateauphase oder keine deutliche Plateauphase. Die höchste Innervation ändert sich im Therapiezeitraum und zeigt eine Linksverschiebung am Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche. Meistens ist eine frühere und längere Plateauphase am Messpunkt 6. Woche und 12. Woche aufgetreten. Die elektrische Aktivität des M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. biceps femoris steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche kontinuierlich an (Abb. 4.17, Abb. 4.18 und Abb. 4.19). Die elektrische Aktivität des M. rectus femoris fällt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ab (Abb. 4.16).

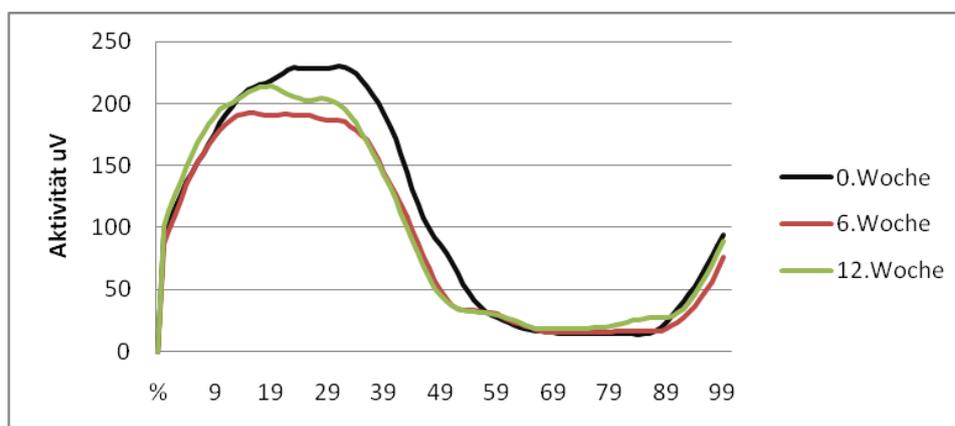


Abb. 4.16: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12)

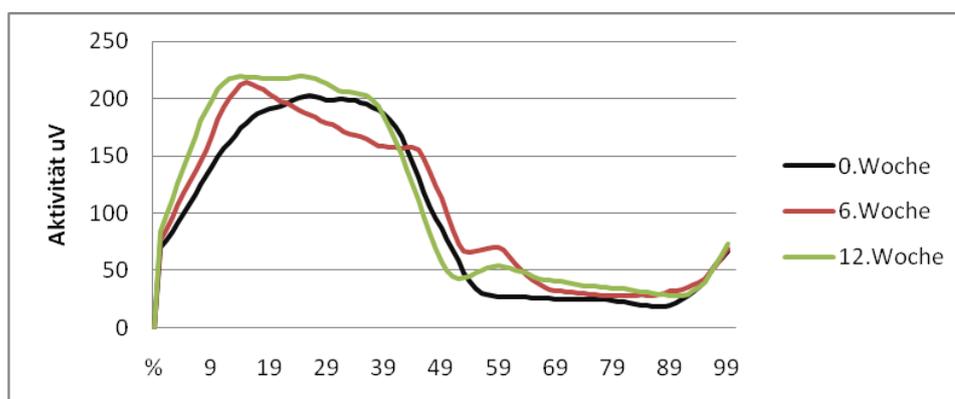


Abb. 4.17: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12)

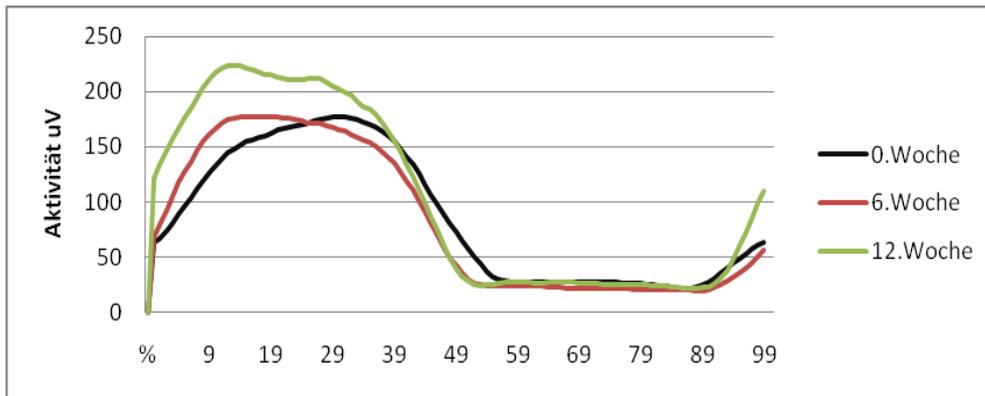


Abb. 4.18: Aktivitätsverlauf des *M. vastus medialis* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 ( $n = 12$ )

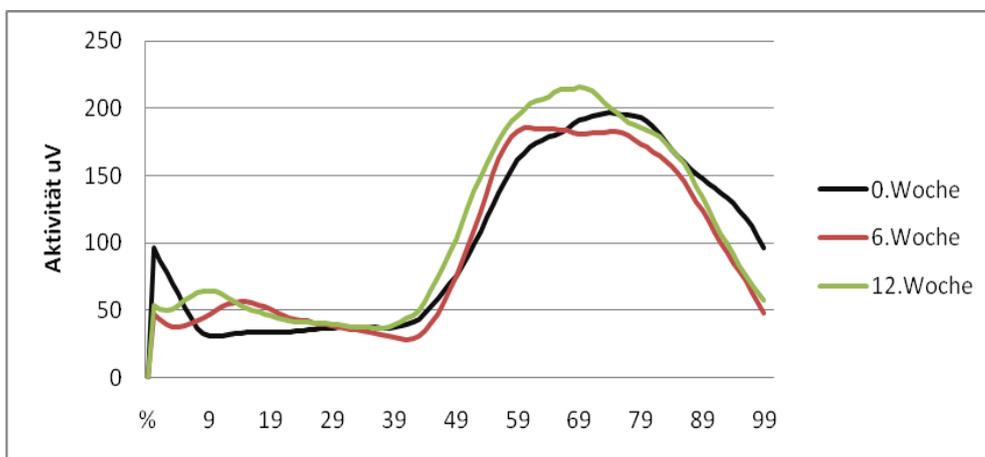


Abb. 4.19: Aktivitätsverlauf des *M. biceps femoris* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 ( $n = 12$ )

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von *M. semitendinosus* zeigt sich eine längere Aktivitätsplateauphase am Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche als in der 0. Woche. Die elektrische Aktivität der *M. semitendinosus* steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche an (Abb. 4.20).

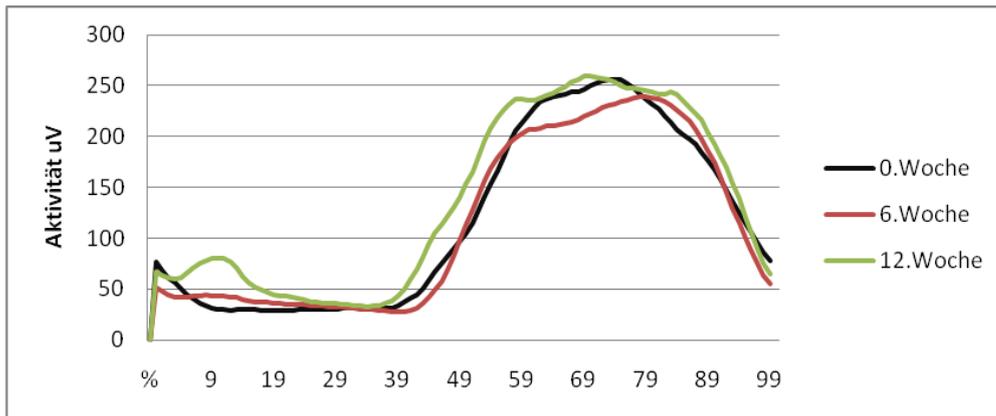


Abb. 4.20: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12)

In der Auswertung der qualitativen Datenanalyse der Gruppe 2 zeigen sich für die Testgeschwindigkeit 60°/s und 150°/s im Mittelungszyklus von 14 Probanden bei drei Messzeitpunkten einige Veränderungen.

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus von M. biceps femoris und M. semitendinosus ist die höchste Innervation zum Ende der konzentrischen Phase an den Messzeitpunkten 0. Woche, 6. Woche und 12. Woche (Abb. 4.21 und Abb. 4.22). Bei M. semitendinosus zeigt sich keine deutliche Plateauphase am Messzeitpunkt 0. Woche und 6. Woche (Abb. 4.22). Bei M. biceps femoris zeigt sich eine kurze Plateauphase zwischen 74 % und 85 % des Zyklus am Messzeitpunkt 0. Woche. Die Innervation ändert sich im Therapiezeitraum und am Messzeitpunkt 12. Woche durch eine Aktivitätsplateauphase etwa zwischen 58 % und 84 % des Zyklus. Die elektrische Aktivität des M. biceps femoris sinkt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ab und steigt zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder an (Abb. 4.21). Die elektrische Aktivität des M. semitendinosus steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche kontinuierlich an (Abb. 4.22).

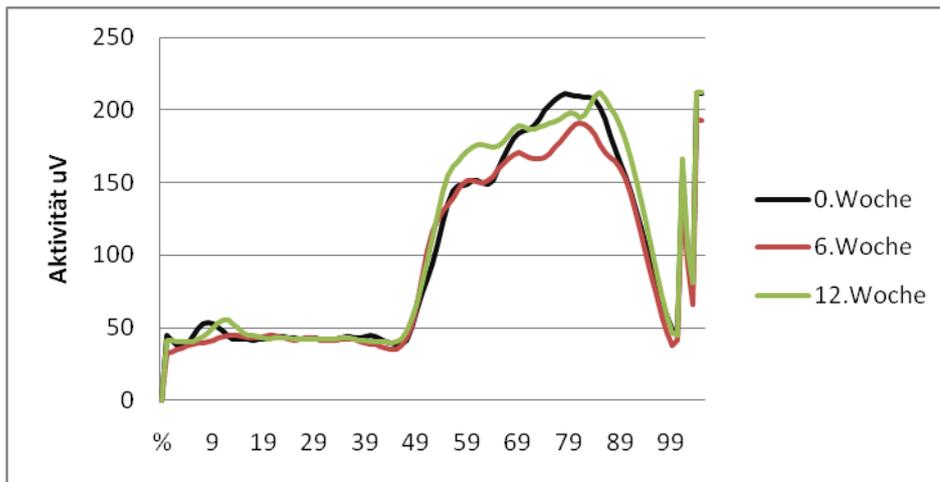


Abb. 4.21: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14)

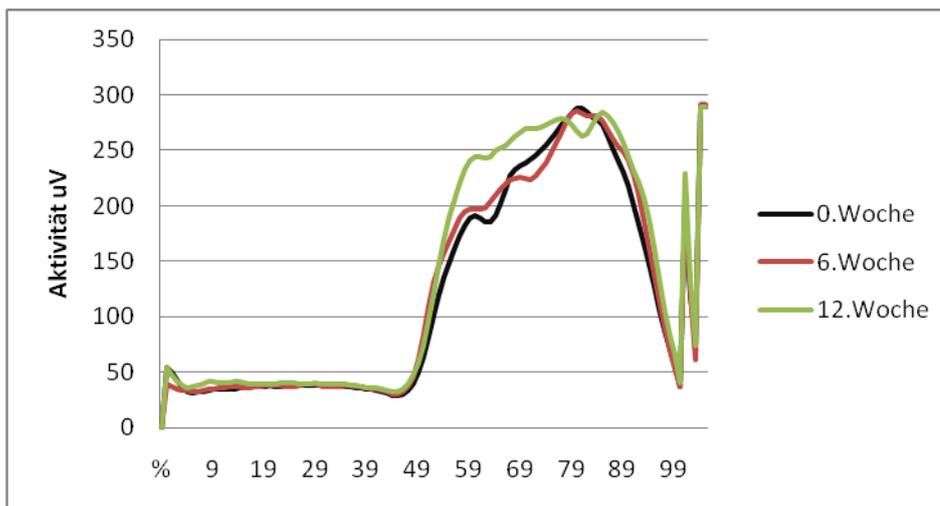


Abb. 4.22: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus von M. rectus femoris, M. vastus lateralis sowie M. vastus medialis zeigen sich keine deutlichen Innervationsveränderungen. Drei erreichten ein Aktivitätsplateau etwa zwischen 10 % und 38 % des Zyklus. Die elektrische Aktivität der M. rectus femoris und M. vastus lateralis sinkt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ab und steigt zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder an (Abb. 4.23 und Abb. 4.24). Die elektrische Aktivität der M. vastus medialis steigt deutlich vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche an und nimmt zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder ab (Abb. 4.25).

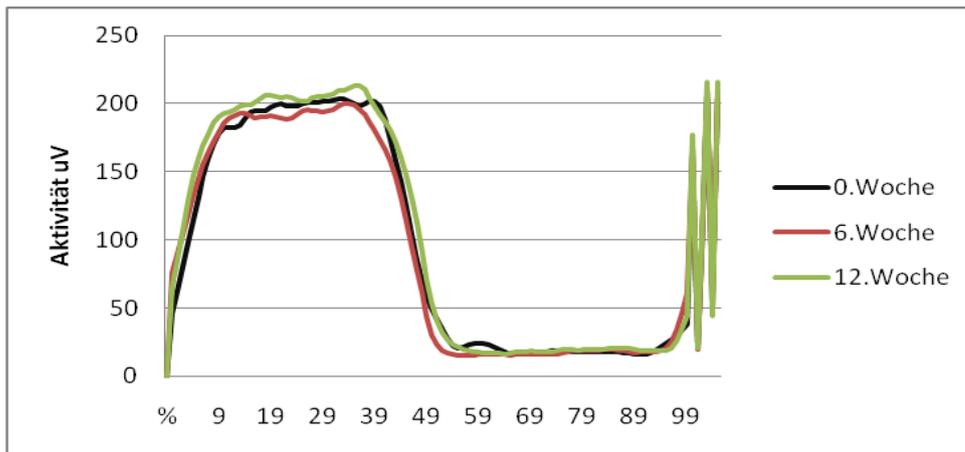


Abb. 4.23: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14)

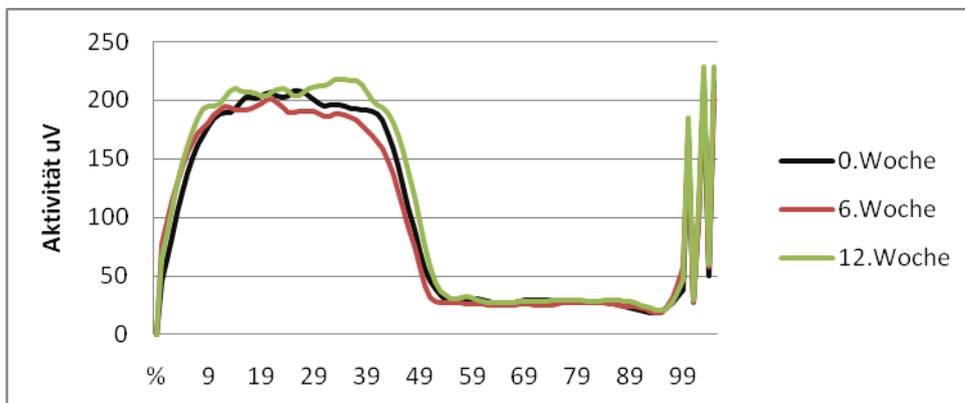


Abb. 4.24: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14)

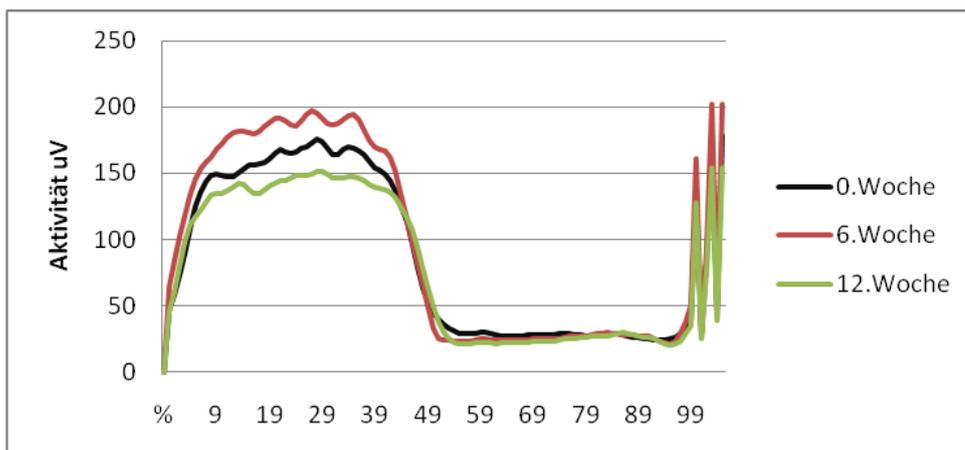


Abb. 4.25: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14)

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von M. vastus lateralis, M. biceps femoris sowie M. semitendinosus ist die höchste Inner-  
 vation in der Mitte der konzentrischen Phase am Messzeitpunkt 0. Woche,  
 ändert sich in dem Therapiezeitraum und zeigt im Messzeitpunkt 6. und 12.  
 Woche eine Linksverschiebung (Abb. 4.26, Abb. 4.27 und Abb. 4.28). Die  
 elektrische Aktivität des M. vastus lateralis und M. semitendinosus steigt vom  
 Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche an (Abb. 4.26 und  
 Abb. 4.28). Die elektrische Aktivität des M. biceps femoris fällt vom Mess-  
 zeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ab und steigt zum Mess-  
 punkt 12. Woche wieder kontinuierlich an (Abb. 4.27).

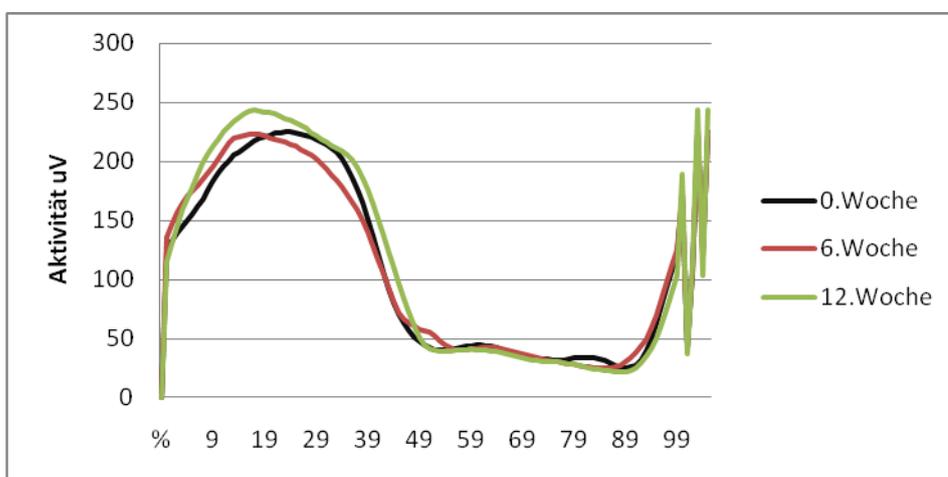


Abb. 4.26: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14)

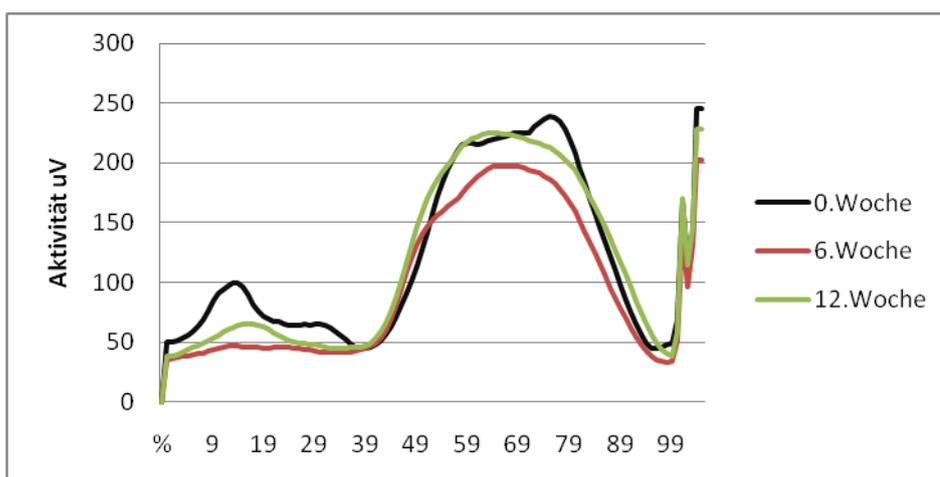


Abb. 4.27: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14)

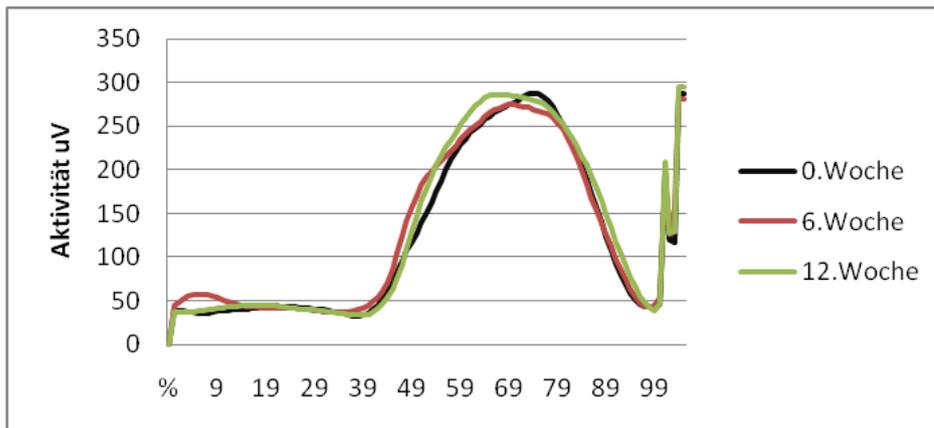


Abb. 4.28: Aktivitätsverlauf des *M. semitendinosus* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 ( $n = 14$ )

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von *M. rectus femoris* und *M. vastus medialis* zeigen sich keine deutlichen Innervationsveränderungen. Die elektrische Aktivität des *M. rectus femoris* steigt von dem Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche kontinuierlich an (Abb. 4.29). Die elektrische Aktivität des *M. vastus medialis* steigt deutlich vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche an und fällt zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder ab (Abb. 4.29 und Abb. 4.30).

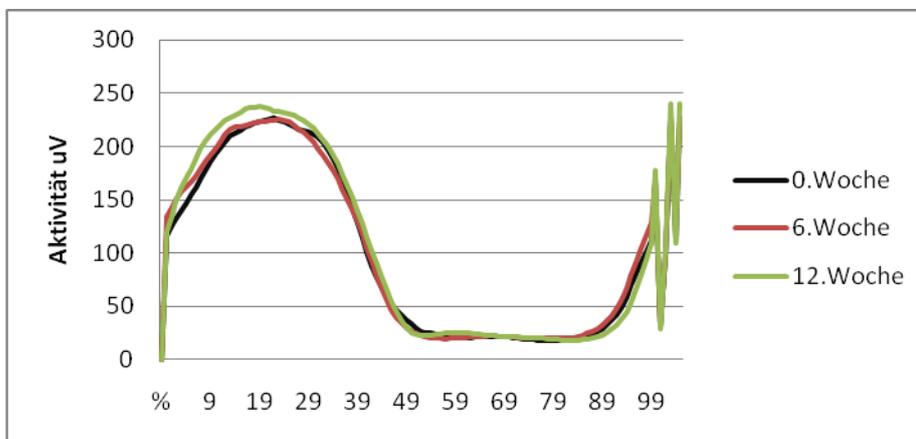


Abb. 4.29: Aktivitätsverlauf des *M. rectus femoris* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 ( $n = 14$ )

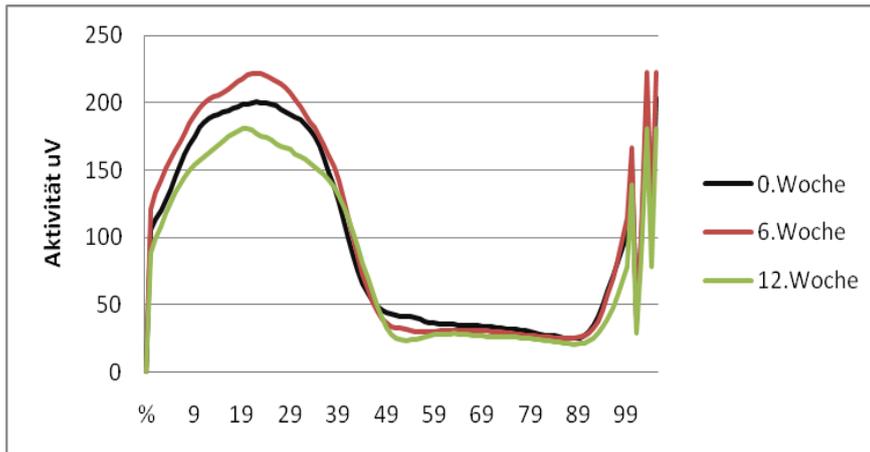


Abb. 4.30: Aktivitätsverlauf des *M. vastus medialis* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14)

In der Auswertung der qualitativen Datenanalyse der Gruppe 3 zeigen sich für die Testgeschwindigkeit 60°/s und 150°/s im Mittelungszyklus von 15 Probanden bei drei Messzeitpunkten einige Veränderungen.

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus von *M. biceps femoris* sowie *M. semitendinosus* wird die höchste Innervation zum Ende der konzentrischen Phase am Messzeitpunkt 0. Woche ohne deutliche Plateauphase erreicht, ändert sich im Therapiezeitraum und zeigt eine Aktivitätsplateauphase etwa zwischen 57 % und 90 % des Zyklus am Messzeitpunkt 12. Woche. Die elektrische Aktivität der *M. biceps femoris* und *M. semitendinosus* steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche an (Abb. 4.31 und Abb. 4.32).

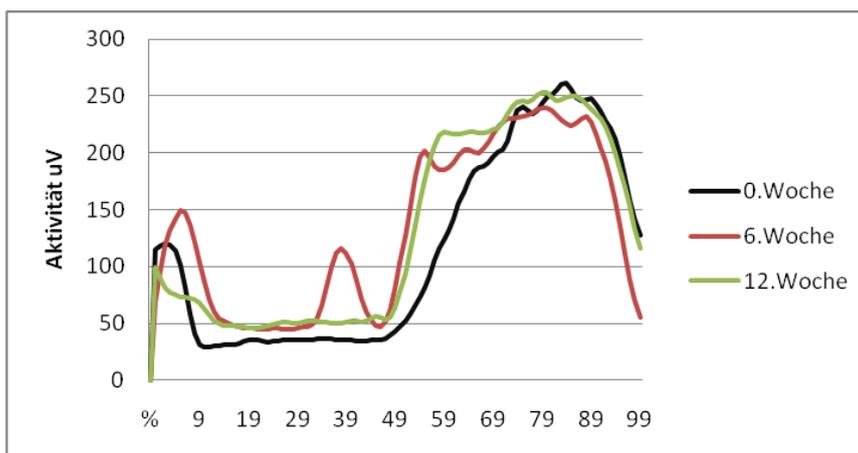


Abb. 4.31: Aktivitätsverlauf des *M. biceps femoris* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15)

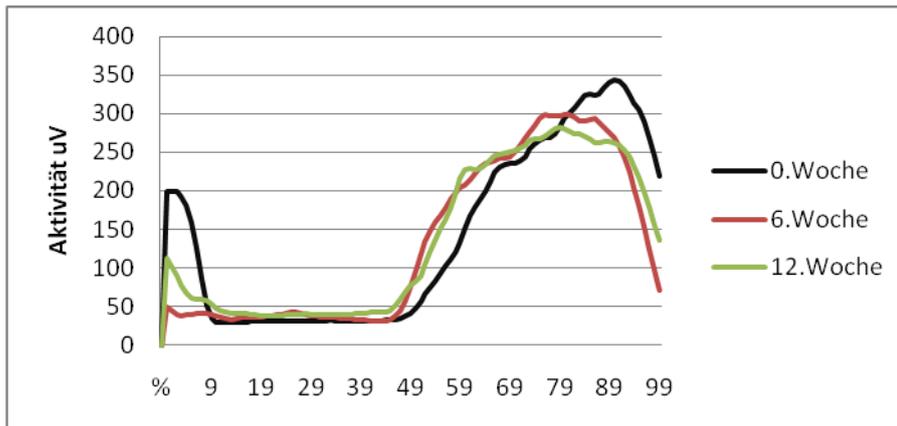


Abb. 4.32: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15)

Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus von M. rectus femoris, M. vastus lateralis sowie M. vastus medialis zeigt sich eine leichte Linksverschiebung der Aktivitätsplateauphase im Verlauf des Therapiezeitraums vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (Abb. 4.33, Abb. 4.34 und Abb. 4.35). Die elektrische Aktivität der M. rectus femoris, M. vastus lateralis und M. vastus medialis nimmt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ab. Bei M. vastus lateralis wird das Minimum zum Messzeitpunkt 12. Woche erreicht (Abb. 4.34) und bei M. rectus femoris und M. vastus medialis findet zum Messzeitpunkt 12. Woche eine deutliche Zunahme statt (Abb. 4.33 und Abb. 4.35).

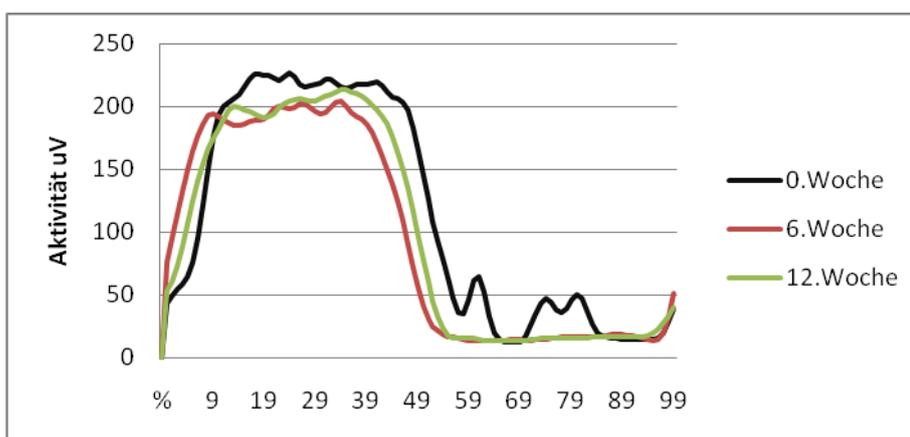


Abb. 4.33: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15)

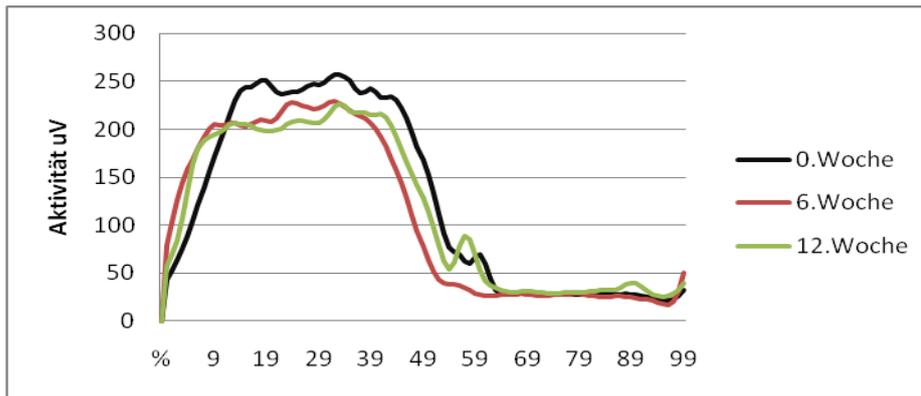


Abb. 4.34: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15)

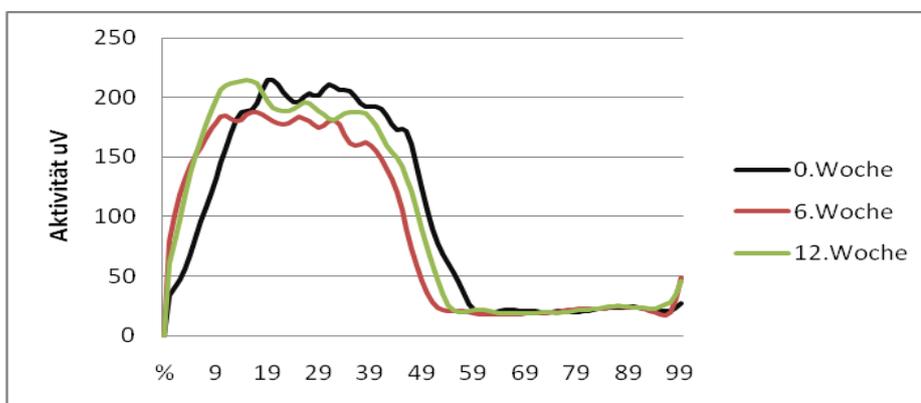


Abb. 4.35: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15)

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von M. vastus medialis, M. vastus lateralis und M. biceps femoris wird die höchste Innervation etwa zur Mitte der konzentrischen Phase im Messzeitpunkt 0. Woche erreicht, ändert sich bei M. vastus medialis in dem Therapiezeitraum und zeigt eine Linksverschiebung an den Messzeitpunkten 6. und 12. Woche. Bei M. biceps femoris zeigen sich zwei Aktivitätsspitzen, eine am Anfang, die andere in der Mitte der konzentrischen Phase (Abb. 4.36, Abb. 4.37 und Abb. 4.38). Die elektrische Aktivität des M. vastus medialis und M. vastus lateralis fällt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ab und steigt zum Messzeitpunkt 12. Woche an (Abb. 4.36 und Abb. 4.37). Die elektrische Aktivität des M. biceps femoris steigt vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche kontinuierlich an (Abb. 4.38).

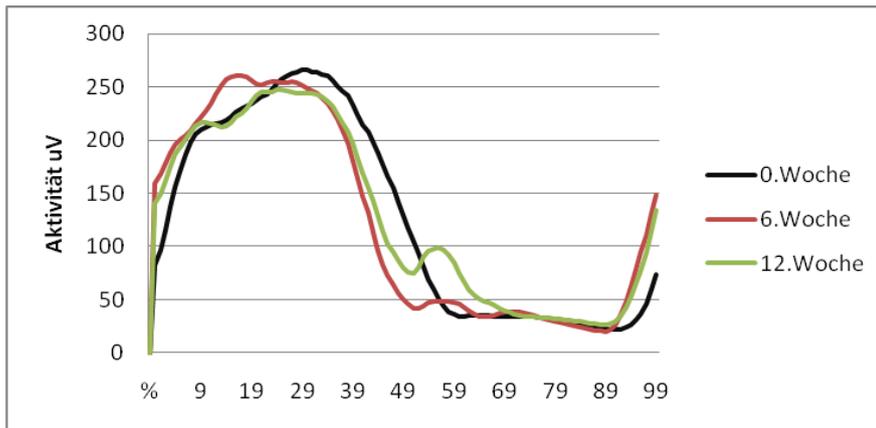


Abb. 4.36: Aktivitätsverlauf des *M. vastus lateralis* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150%/s für Gruppe 3 (n = 15)

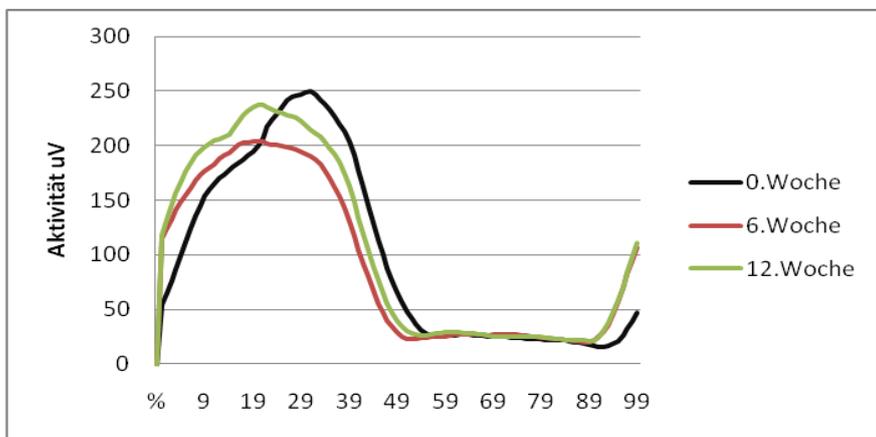


Abb. 4.37: Aktivitätsverlauf des *M. vastus medialis* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150%/s für Gruppe 3 (n = 15)

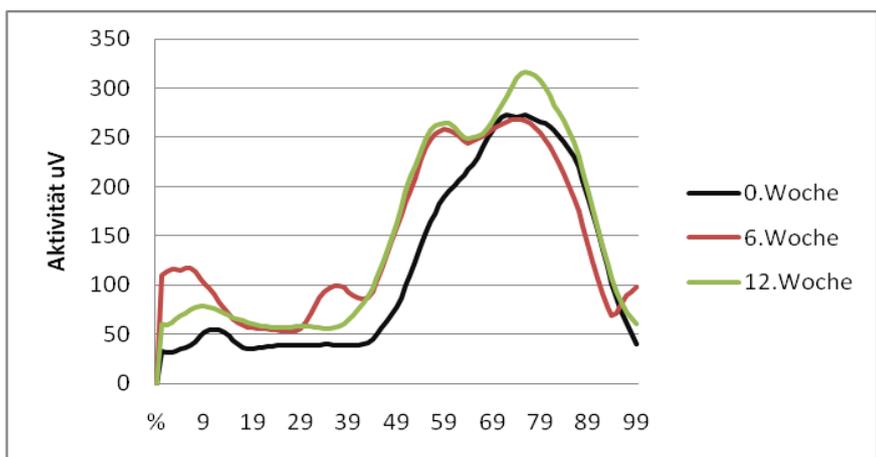


Abb. 4.38: Aktivitätsverlauf des *M. biceps femoris* des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150%/s für Gruppe 3 (n = 15)

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von M. rectus femoris sowie M. semitendinosus zeigt sich keine Veränderung der höchsten Innervation und eine leichte Linksverschiebung der Aktivitätskurve des Messzeitpunkts 6. und 12. Woche im Vergleich mit dem Messzeitpunkt 0. Woche (Abb. 4.39 und Abb. 4.40). Die elektrische Aktivität des M. rectus femoris fällt deutlich vom Messzeitpunkt 0. Woche zu Messzeitpunkt 12. Woche ab (Abb. 4.39). Die elektrische Aktivität des M. semitendinosus nimmt vom Messzeitpunkt 0. Woche zur 6. Woche zu und nimmt zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder ab (Abb. 4.40).

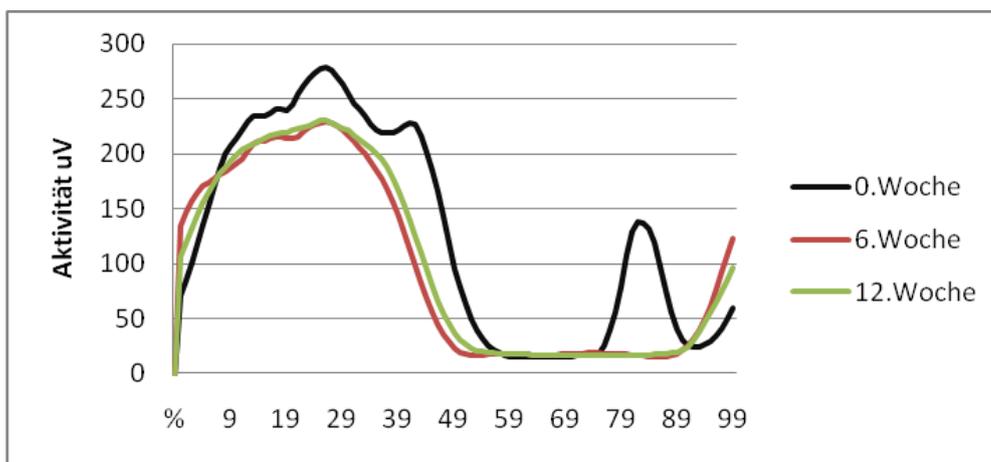


Abb. 4.39: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15)

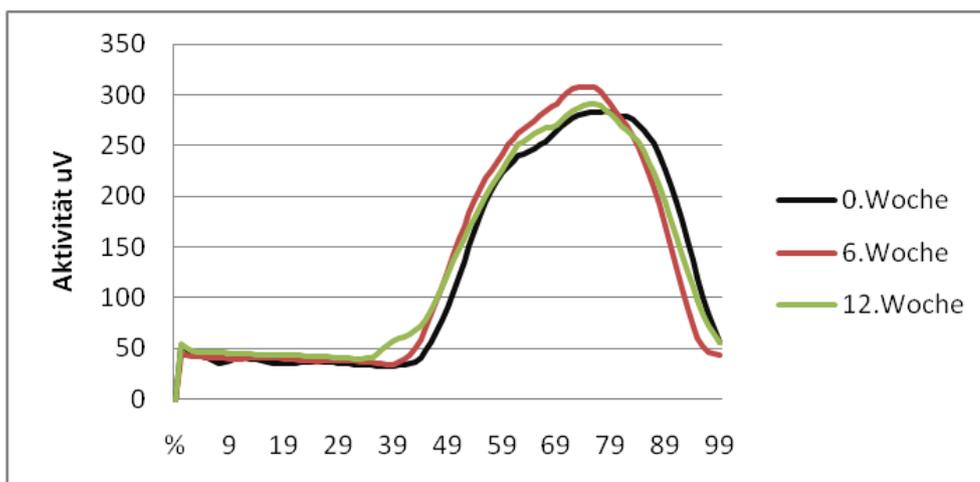


Abb. 4.40: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15)

#### **4.3.2. Quantitative Darstellung der neuromuskulären Ansteuerung**

Der Time to Peak ist ein wichtiger EMG-Parameter, da keine Amplitudennormalisierung nötig ist und die Timing-Charakteristiken des EMG-Signals adressiert werden. Die einfachste Berechnung betrifft die Dauer vom Beginn der Analyseperiode zum Erreichen des EMG-Spitzenwertes (%). Dieser Parameter ist wichtig zur Quantifizierung von nicht amplitudennormalisierten Mittelungskurven (Konrad, 2005).

Die Ergebnisse des Elektromyogramms zeigen den Mittelwert für Muskeln in der konzentrischen Phase der Kniebeugung sowie der Kniestreckung, d.h., den Time to Peak bei Knieextensoren für M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis und den Time to Peak bei Knieflexoren für M. biceps femoris und M. semitendinosus.

Die Ergebnisse des Elektromyogramms für den Time to Peak bei der Testgeschwindigkeit 60°/s zeigen im Mittelwert zwar einige Veränderungen, jedoch keine signifikanten p-Werte (Tab. 4.13, Tab. 4.14, Tab. 4.15, Tab. 4.16 und Tab. 4.17). Die Gruppe 1 zeigt bei M. vastus lateralis, M. vastus medialis und M. semitendinosus Abnahmen vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche. Das Minimum wird aber erst zum Messzeitpunkt 12. Woche erreicht. M. rectus femoris und M. biceps femoris zeigen eine Abnahme vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche, die zum Messzeitpunkt 12. Woche wieder verschwindet.

In der Gruppe 2 zeigen sich bei M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis und M. biceps femoris Abnahmen vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche. Das Minimum wird aber vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche erreicht. Teilweise findet zum Messzeitpunkt 6. Woche eine leichte Zunahme oder Abnahme statt. M. semitendinosus zeigt eine leichte Zunahme vom ersten zum Messzeitpunkt 12. Woche.

In der Gruppe 3 zeigt sich bei M. vastus medialis und M. semitendinosus eine Abnahme vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche. Das Minimum wird aber erst zum Messzeitpunkt 12. Woche erreicht. Bei M. rectus femoris und M. biceps femoris erscheinen Abnahmen vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche. Es findet von Messzeitpunkt 6. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche eine leichte Zunahme statt. Bei M.

vastus lateralis zeigt sich eine leichte Zunahme vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche.

Tab. 4.13: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) für M. rectus femoris bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s

Time to Peak (%) für M. rectus femoris bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	26,50 $\pm$ 12,16	30,43 $\pm$ 10,33	31,00 $\pm$ 9,64	n.s.
6. Woche	25,08 $\pm$ 10,57	22,86 $\pm$ 10,68	26,07 $\pm$ 11,83	
12. Woche	27,75 $\pm$ 8,73	21,43 $\pm$ 11,45	30,60 $\pm$ 9,11	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.14: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) für M. vastus lateralis bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s

Time to Peak (%) für M. vastus lateralis bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	27,58 $\pm$ 10,38	28,57 $\pm$ 11,95	25,53 $\pm$ 12,67	n.s.
6. Woche	26,67 $\pm$ 13,41	25,86 $\pm$ 13,50	27,80 $\pm$ 8,52	
12. Woche	22,25 $\pm$ 10,47	24,50 $\pm$ 11,27	27,00 $\pm$ 12,73	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.15: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) für M. vastus medialis bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s

Time to Peak (%) für M. vastus medialis bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	26,58 $\pm$ 10,18	24,92 $\pm$ 12,53	23,27 $\pm$ 11,22	n.s.
6. Woche	24,92 $\pm$ 10,58	22,07 $\pm$ 12,53	21,93 $\pm$ 10,45	
12. Woche	23,67 $\pm$ 11,92	24,57 $\pm$ 15,55	19,93 $\pm$ 10,44	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.16: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) für M. biceps femoris bei Knieflexoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den drei Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s

Time to Peak (%) für M. biceps femoris bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	32,33 $\pm$ 10,17	27,79 $\pm$ 8,23	33,00 $\pm$ 5,83	n.s.
6. Woche	29,33 $\pm$ 12,38	29,50 $\pm$ 9,46	27,13 $\pm$ 12,32	
12. Woche	29,58 $\pm$ 12,94	25,36 $\pm$ 11,97	27,47 $\pm$ 9,98	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.17: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) für M. semitendinosus bei Knieflexoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s

Time to Peak (%) für M. semitendinosus bei der Testgeschwindigkeit 60°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	33,50 $\pm$ 9,71	25,64 $\pm$ 8,58	36,80 $\pm$ 5,27	n.s.
6. Woche	31,67 $\pm$ 8,93	29,36 $\pm$ 11,05	30,93 $\pm$ 7,69	
12. Woche	29,25 $\pm$ 10,10	27,29 $\pm$ 12,23	29,80 $\pm$ 11,76	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s weist die mehrfaktorielle Varianzanalyse eine signifikante Wechselwirkung ( $p < 0,05$ ) für M. vastus lateralis zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf (Tab. 4.19). Zum Messzeitpunkt 0. Woche weisen die Gruppe 1 und die Gruppe 3 signifikant höhere Werte auf als die Gruppe 2 ( $p < 0,05$ ).

Bei Gruppe 1 zeigt der multiple Mittelwertvergleich auf, dass kein signifikanter Unterschied für M. vastus lateralis zwischen dem Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche vorliegt. Eine signifikante Abnahme tritt jedoch vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,01$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) ein.

Bei Gruppe 3 liegt kein signifikanter Unterschied für M. vastus lateralis zwischen dem Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche vor. Eine signifikante Abnahme tritt jedoch vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,05$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,05$ ) ein.

Bei Gruppe 2 liegt kein signifikanter Unterschied für M. vastus lateralis zwischen den drei Messzeitpunkten. Es zeigt sich eine leichte Zunahme vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche.

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist für M. rectus femoris, M. vastus medialis, M. biceps femoris sowie M. semitendinosus keine signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ auf.

Zwischen den drei Messzeitpunkten liegt kein Unterschied zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 für M. rectus femoris, M. vastus medialis, M. biceps femoris sowie M. semitendinosus vor.

In der Gesamtgruppe liegt eine signifikante Abnahme bei M. vastus medialis vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche (0. Woche:  $24,02 \pm 8,68$  % vs. 6. Woche:  $19,61 \pm 9,11$  %,  $p < 0,01$ ) (Tab. 4.20) und bei M. semitendinosus vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche (0. Woche:  $26,29 \pm 8,83$  % vs. 12. Woche:  $22,10 \pm 8,09$  %,  $p < 0,05$ ) vor (Tab. 4.22).

Die Ergebnisse des Time to Peak bei M. rectus femoris und M. biceps femoris zeigen im Mittelwert zwar einige Veränderungen, jedoch keine signifikanten p-Werte (Tab. 4.18 und Tab. 4.21).

Tab. 4.18: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) des M. rectus femoris bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s

Time to Peak (%) des M. rectus femoris bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	23,58 $\pm 8,71$	21,43 $\pm 6,77$	26,60 $\pm 5,17$	n.s.
6. Woche	20,00 $\pm 8,67$	21,43 $\pm 8,34$	21,27 $\pm 7,92$	
12, Woche	19,50 $\pm 8,12$	21,29 $\pm 7,08$	22,80 $\pm 6,41$	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.19: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) des M. vastus lateralis bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s

Time to Peak (%) des M. vastus lateralis bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	30,50 $\pm$ 8,35	19,71 $\pm$ 10,60	28,87 $\pm$ 9,18	G*. 1 vs. G.2 p < 0,01 G. 2 vs. G3 p < 0,05
6. Woche	18,75 $\pm$ 6,93	19,14 $\pm$ 10,57	21,73 $\pm$ 8,03	n.s.
12. Woche	21,67 $\pm$ 7,36	22,79 $\pm$ 11,07	22,67 $\pm$ 9,56	n.s.
p Zeitpunktvergleich	0. W*. vs. 6. W. p < 0,01 0. W. vs. 12. W. p < 0,01	n.s.	0. W. vs. 6.W. p < 0,05 0. W. vs. 12.W. p < 0,05	Wechselwirkung p < 0,05

W\*. = Woche, G\*. = Gruppe

Tab. 4.20: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) des M. vastus medialis bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s

Time to Peak (%) des M. vastus medialis bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	26,17 $\pm$ 7,07	22,00 $\pm$ 8,04	24,20 $\pm$ 10,39	n.s.
6. Woche	19,42 $\pm$ 9,89	20,14 $\pm$ 8,88	19,27 $\pm$ 9,32	
12. Woche	21,83 $\pm$ 8,86	21,64 $\pm$ 9,60	20,47 $\pm$ 9,53	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche p < 0,01			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.21: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) des M. biceps femoris bei Knieflexoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s

Time to Peak (%) des M. biceps femoris bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	24,75 $\pm$ 11,87	19,79 $\pm$ 7,07	24,93 $\pm$ 6,77	n.s.
6. Woche	19,50 $\pm$ 10,00	18,29 $\pm$ 8,52	23,27 $\pm$ 11,13	
12. Woche	20,00 $\pm$ 9,71	19,36 $\pm$ 7,51	25,00 $\pm$ 7,78	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.22: Time to Peak (%) (MW  $\pm$  SD) des M. semitendinosus bei Knieflexoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s

Time to Peak (%) des M. semitendinosus bei der Testgeschwindigkeit 150°/s	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	26,33 $\pm$ 9,87	22,36 $\pm$ 8,07	29,93 $\pm$ 7,49	n.s.
6. Woche	22,75 $\pm$ 8,11	22,00 $\pm$ 6,49	23,87 $\pm$ 7,78	
12. Woche	21,33 $\pm$ 8,63	21,29 $\pm$ 7,03	23,46 $\pm$ 8,91	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 12. Woche p < 0,05			Wechselwirkung n.s.

#### 4.4. SF-36

##### 4.4.1. Körperliche Funktionsfähigkeit und körperliche Rollenfunktion

Die „körperliche Funktionsfähigkeit“ beschreibt das Ausmaß, in dem alltägliche körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten durch den

Gesundheitszustand beeinträchtigt sind. Das Item „körperliche Rollenfunktion“ umfasst das Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt (z. B. „weniger schaffen als gewöhnlich“, „nicht so lange tätig wie üblich“, „nur bestimmte Dinge tun“, etc.). Diese Items, „körperliche Funktionsfähigkeit“ und „körperliche Rollenfunktion“, werden statistisch signifikant durch den Haupteffekt „Messzeitpunkt“ beeinflusst. Keinen Einfluss übt der Haupteffekt „Gruppe“ aus. Eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ liegt nicht vor.

In der Gesamtgruppe weist der Messzeitpunkt 0. Woche mit durchschnittlich  $76,58 \pm 13,25$  Punkten eine signifikant stärkere Beeinträchtigung der „körperlichen Funktionsfähigkeit“ auf als Messzeitpunkt 12. Woche mit  $82,11 \pm 12,04$  Punkten ( $p < 0,01$ ) und 24. Woche mit  $83,33 \pm 12,35$  Punkten ( $p < 0,05$ ) (Tab. 4.23 und Abb. 4.41).

Tab. 4.23: Körperliche Funktionsfähigkeit (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Körperliche Funktionsfähigkeit	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 12)	p Gruppenvergleich
0. Woche	80,00 $\pm 13,71$	72,86 $\pm 14,49$	77,50 $\pm 11,11$	n.s.
6. Woche	80,56 $\pm 13,47$	73,10 $\pm 14,59$	84,17 $\pm 4,05$	
12. Woche	81,67 $\pm 11,93$	78,10 $\pm 13,81$	87,22 $\pm 8,39$	
24. Woche	85,83 $\pm 8,54$	78,57 $\pm 15,01$	86,39 $\pm 11,332$	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,01$ 0. Woche vs. 24. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s.

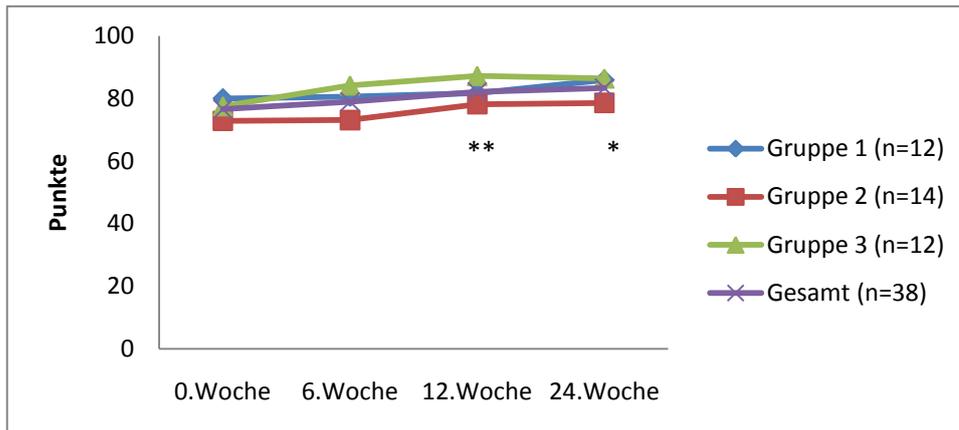


Abb. 4.41: Körperliche Funktionsfähigkeit (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*  $p < 0,05$  und \*\*  $p < 0,01$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gesamtgruppe)

In der gesamten Gruppe weist Messzeitpunkt 0. Woche mit durchschnittlich  $82,24 \pm 20,56$  Punkten eine signifikant stärkere Beeinträchtigung der „körperlichen Rollenfunktion“ auf als Messzeitpunkt 12. Woche mit  $92,43 \pm 13,49$  Punkten ( $p < 0,01$ ) (Abb. 4.42 und Tab. 4.24).

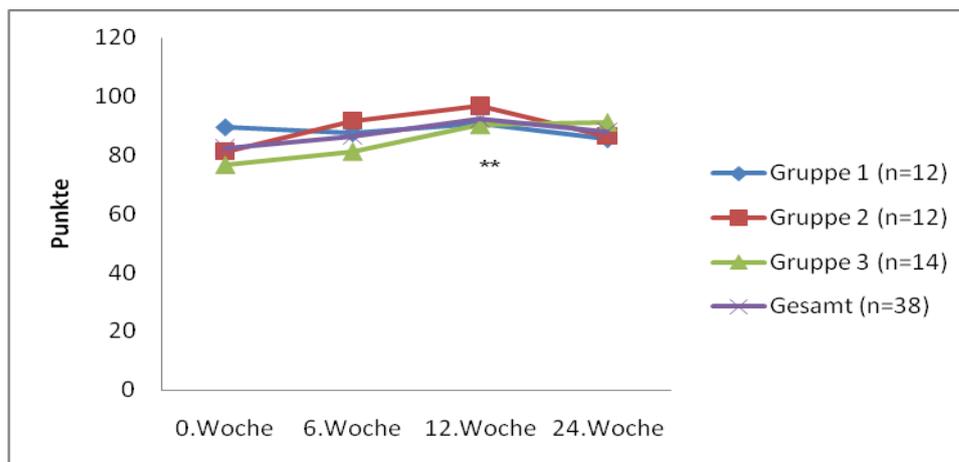


Abb. 4.42: Körperliche Rollenfunktion (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*\*  $p < 0,01$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gesamtgruppe)

Tab. 4.24: Körperliche Rollenfunktion (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Körperliche Rollenfunktion	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 12)	Gruppe 3 (n = 14)	p Gruppenvergleich
0. Woche	89,58 $\pm$ 19,09	81,25 $\pm$ 17,27	76,79 $\pm$ 22,39	n.s.
6. Woche	87,50 $\pm$ 19,22	91,67 $\pm$ 12,31	81,25 $\pm$ 18,83	
12. Woche	90,63 $\pm$ 19,31	96,87 $\pm$ 5,65	90,18 $\pm$ 12,19	
24. Woche	85,41 $\pm$ 20,53	86,45 $\pm$ 19,55	91,07 $\pm$ 15,83	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 12. Woche p < 0,01			Wechselwirkung n.s.

#### 4.4.2. Körperliche Schmerzen

Das Item „körperliche Schmerzen“ umfasst die Stärke der Schmerzen sowie die Beeinträchtigungen der normalen Arbeit durch Schmerzen (im Haus und außerhalb des Hauses). Dieses Item wird signifikant sowohl durch den Haupteffekt „Gruppe“ als auch „Messzeitpunkt“ beeinflusst. Eine signifikante Wechselwirkung ( $p < 0,05$ ) zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ liegt vor.

Gruppe 1 ist zum Messzeitpunkt 0. Woche mit durchschnittlich  $65,01 \pm 18,87$  Punkten signifikant weniger durch Schmerzen beeinträchtigt als Gruppe 2 mit  $52,39 \pm 10,34$  Punkten ( $p < 0,05$ ).

Bei Gruppe 2 und Gruppe 3 zeigt sich bis zum Messzeitpunkt 12. Woche eine kontinuierliche Reduktion der körperlichen Schmerzen, die sich zum Messzeitpunkt 24. Woche wieder verliert. Bei Gruppe 1 zeigt sich keine kontinuierliche Veränderung.

Eine signifikante Schmerzreduktion ist bei Gruppe 2 ausschließlich zwischen den Messzeitpunkten 0. Woche und 6. Woche ( $p < 0,01$ ) und den Messzeitpunkten 0. Woche und 12. Woche ( $p = 0,001$ ) zu verzeichnen.

Bei der Gruppe 3 ist eine signifikante Schmerzreduktion ausschließlich zwischen den Messzeitpunkten 0. Woche und 12. Woche ( $p < 0,05$ ) zu verzeichnen (Abb. 4.43 und Tab. 4.25).

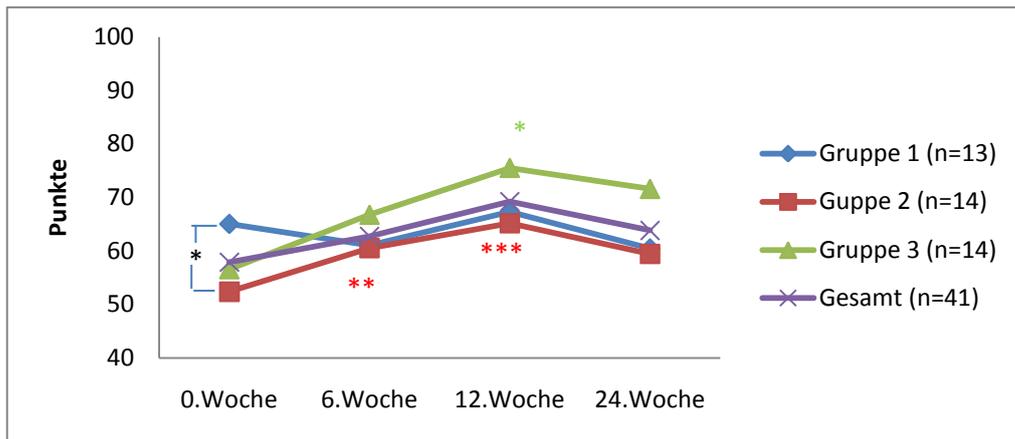


Abb. 4.43: Körperliche Schmerzen (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*\*  $p < 0,01$  und \*\*\*  $p = 0,001$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gruppe 2; \*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gruppe 3; \*  $p < 0,05$  signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 2 und Gruppe 1 am Messzeitpunkt 0. Woche)

Tab. 4.25: Körperliche Schmerzen (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Körperliche Schmerzen	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 14)	p Gruppenvergleich
0. Woche	65.01 $\pm$ 18.87	52.39 $\pm$ 10.34	56.61 $\pm$ 14.87	G*. 1 vs. G. 2 $p < 0,05$
6. Woche	61.10 $\pm$ 18.39	60.56 $\pm$ 15.24	66.79 $\pm$ 9.43	n.s.
12. Woche	67.32 $\pm$ 19.10	65.17 $\pm$ 12.93	75.54 $\pm$ 15.21	n.s.
24. Woche	60.48 $\pm$ 18.94	59.46 $\pm$ 16.96	71.61 $\pm$ 19.29	n.s.
p Zeitpunktvergleich	n.s.	0. W*. vs. 6. W. $p < 0,01$ 0. W. vs. 12. W. $p = 0,001$	0. W. vs. 12. W. $p < 0,05$	Wechselwirkung $p < 0,05$

W\*. = Woche G\*. = Gruppe

#### 4.4.3. Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden

Das Item „allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ beinhaltet die persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich des aktuellen Gesundheitszu-

stands (z. B. „Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne“), zukünftiger Erwartungen („Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt“) und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen („Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden“). Das Item „Vitalität“ umfasst die Beurteilung des eigenen energetischen Zustands, z. B. sich „voller Energie oder Schwung“ versus „erschöpft und müde“ fühlen. Das Item „Soziale Funktionsfähigkeit“ erfasst das Ausmaß, in dem normale soziale Aktivitäten (Kontakt zu Familienangehörigen, Freunden, Anderen) durch die körperliche Gesundheit oder durch seelische Probleme beeinträchtigt sind. Die „emotionale Rollenfunktion“ umfasst das Ausmaß, in dem die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten durch emotionale Probleme beeinträchtigt sind (z. B. „ich konnte nicht so lang wie üblich tätig sein“, „ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten“). Das Item „psychisches Wohlbefinden“ beinhaltet Fragen zur allgemeinen psychischen Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionaler und verhaltensbezogener Kontrolle sowie der allgemeinen positiven Gestimmtheit.

Diese Items werden weder durch den Haupteffekt „Gruppe“ noch durch den Haupteffekt „Messzeitpunkt“ signifikant beeinflusst. Die Werte der Items zeigen im Mittelwert zwar einige Veränderungen, jedoch keine signifikanten p-Werte (Tab. 4.26, Tab. 4.27, Tab.4.28, Tab. 4.29 und Tab. 4.30).

Tab. 4.26: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 12)	Gruppe 3 (n = 12)	p Gruppenvergleich
0. Woche	69.85 $\pm$ 10.67	71.33 $\pm$ 9.12	72.33 $\pm$ 8.93	n.s.
6. Woche	69.85 $\pm$ 11.15	68.67 $\pm$ 9.92	73.00 $\pm$ 9.05	
12. Woche	71.69 $\pm$ 10.13	73.33 $\pm$ 7.10	73.33 $\pm$ 6.68	
24. Woche	69.23 $\pm$ 11.12	73.67 $\pm$ 8.26	71.00 $\pm$ 13.00	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.27: Vitalität (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Vitalität	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 13)	Gruppe 3 (n = 13)	p Gruppenvergleich
0. Woche	67.63 $\pm$ 16.33	71.47 $\pm$ 6.55	58.97 $\pm$ 16.74	n.s.
6. Woche	62.50 $\pm$ 14.93	72.44 $\pm$ 13.67	67.95 $\pm$ 14.17	
12. Woche	70.51 $\pm$ 12.67	76.28 $\pm$ 10.68	69.55 $\pm$ 12.31	
24. Woche	68.27 $\pm$ 14.08	75.00 $\pm$ 12.84	66.99 $\pm$ 17.96	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.28: Soziale Funktionsfähigkeit (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Sozial Funktionsfähigkeit	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 12)	Gruppe 3 (n = 12)	p Gruppenvergleich
0. Woche	80.00 $\pm$ 21.84	90.71 $\pm$ 11.41	76.92 $\pm$ 23.23	n.s.
6. Woche	82.14 $\pm$ 16.72	94.29 $\pm$ 7.56	82.31 $\pm$ 19.64	
12. Woche	87.86 $\pm$ 20.82	98.57 $\pm$ 3.63	88.46 $\pm$ 10.69	
24. Woche	86.43 $\pm$ 18.65	92.14 $\pm$ 11.88	83.08 $\pm$ 16.01	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.29: Emotionale Rollenfunktion (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Emotionale Rollenfunktion	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 14)	Gruppe 3 (n = 14)	p Gruppenvergleich
0. Woche	87,50 $\pm$ 20,26	94,05 $\pm$ 14,03	90,48 $\pm$ 18,16	n.s.
6. Woche	81,94 $\pm$ 24,06	96,43 $\pm$ 9,65	90,48 $\pm$ 19,30	
12. Woche	93,06 $\pm$ 15,01	100,00 $\pm$ 0,00	97,61 $\pm$ 9,91	
24. Woche	93,06 $\pm$ 16,60	96,43 $\pm$ 13,36	94,05 $\pm$ 15,48	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.30: Psychisches Wohlbefinden (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Psychische Wohlbefinden	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 12)	Gruppe 3 (n = 13)	p Gruppenvergleich
0. Woche	78.06 $\pm$ 16.05	81.28 $\pm$ 7.88	73.59 $\pm$ 14.17	n.s.
6. Woche	74.17 $\pm$ 14.71	83.85 $\pm$ 7.80	78.46 $\pm$ 11.83	
12. Woche	78.61 $\pm$ 11.85	87.69 $\pm$ 6.14	82.31 $\pm$ 9.85	
24. Woche	75.56 $\pm$ 14.66	81.54 $\pm$ 12.14	80.00 $\pm$ 12.32	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

#### 4.4.4. Körperliche Summenskala und psychische Summenskala

Die körperliche Summenskala setzt sich aus den Dimensionen der „körperlichen Funktionsfähigkeit“, der „körperlichen Rollenfunktion“, des „körperlichen Schmerzes“ und der „allgemeinen Gesundheitswahrnehmung“ zusammen.

Die psychische Summenskala schließt die Dimensionen „Vitalität“, „soziale Funktionsfähigkeit“, „emotionale Rollenfunktion“ und „psychisches Wohlbefinden“ ein (Bullinger et al., 1998).

Diese Items werden weder durch den Haupteffekt „Gruppe“ noch durch den Haupteffekt „Messzeitpunkt“ signifikant beeinflusst. Die Werte der Items zeigen im Mittelwert zwar einige Veränderungen, jedoch keine signifikante p-Werte (Tab. 4.31 und Tab. 4.32).

Tab. 4.31: Körperliche Summenskala (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Körperliche Summenskala	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 11)	p Gruppenvergleich
0. Woche	75.84 $\pm$ 14.17	70.05 $\pm$ 10.45	72.85 $\pm$ 10.51	n.s.
6. Woche	74.50 $\pm$ 13.61	74.78 $\pm$ 7.54	77.47 $\pm$ 6.13	
12. Woche	77.96 $\pm$ 12.88	79.43 $\pm$ 6.31	80.02 $\pm$ 7.82	
24. Woche	74.81 $\pm$ 12.54	74.94 $\pm$ 13.32	80.98 $\pm$ 11.23	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

Tab. 4.32: Psychische Summenskala (von 100) (MW  $\pm$  SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Psychische Summenskala	Gruppe 1 (n = 12)	Gruppe 2 (n = 12)	Gruppe 3 (n = 13)	p Gruppenvergleich
0. Woche	78.14 $\pm$ 14.56	85.75 $\pm$ 5.71	75.13 $\pm$ 16.36	n.s.
6. Woche	74.90 $\pm$ 15.78	87.52 $\pm$ 6.71	80.58 $\pm$ 12.85	
12. Woche	82.53 $\pm$ 11.00	91.23 $\pm$ 3.81	84.44 $\pm$ 8.61	
24. Woche	80.63 $\pm$ 14.10	86.42 $\pm$ 11.47	80.91 $\pm$ 12.23	
p Zeitpunktvergleich	n.s.			Wechselwirkung n.s.

#### **4.5. WOMAC-Score**

Der WOMAC-Score erfasst mit fünf Items die Schmerzempfindung, mit zwei Items die Steifigkeit des Knies und mit 17 Items die Funktionseinschränkung der Patienten im Alltag durch ihre Knieprobleme. Die Ergebnisse der Items, die mithilfe einer visuellen Analogskala mit zehn Stufen ermittelt werden, ergeben für jede der drei Skalen einen Mittelwert.

Im Bezug auf den Schmerz, die Steifigkeit und Tätigkeit kann keine signifikante Wechselwirkung zwischen den Haupteffekten „Gruppe“ und „Messzeitpunkt“ festgestellt werden.

Die Items des Schmerzes, der Steifigkeit und Tätigkeit werden statistisch signifikant durch die Haupteffekte „Messzeitpunkt“ beeinflusst. Keinen Einfluss übt der Haupteffekt „Gruppe“ aus.

In der Gesamtgruppe sind die Verläufe vom Messzeitpunkt 0. Woche bis Messzeitpunkt 24. Woche bezüglich des Schmerzes, der Steifigkeit und der Tätigkeit sehr ähnlich.

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Patienten auf der Schmerz-Skala zum Messzeitpunkt 0. Woche Schmerzen von  $25,17 \pm 17,66$  Punkten (von 100) aufweisen. Sie erfahren bis zum Messzeitpunkt 12. Woche eine stetige, signifikante ( $p < 0,001$ ) Schmerzerleichterung auf  $10,34 \pm 9,94$  Punkte sowie bis zum Messzeitpunkt 6. Woche eine signifikante ( $p = 0,001$ ) Schmerzerleichterung auf  $14,59 \pm 10,81$  Punkte. Eine signifikante Schmerzverschlechterung liegt vom Messzeitpunkt 12. Woche bis 24. Woche (Messzeitpunkt 12. Woche:  $10,34 \pm 9,94$  Punkte vs. Messzeitpunkt 24. Woche:  $17,32 \pm 16,24$  Punkte,  $p < 0,01$ ) vor. In der Schmerzskala kann auch vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 24. Woche eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Schmerzerleichterung beobachtet werden (Tab. 4.33 und Abb. 4.44).

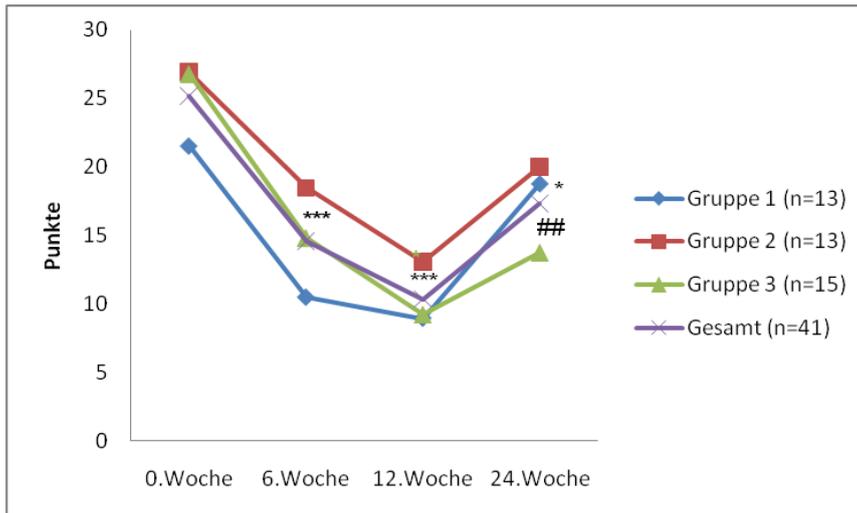


Abb. 4.44: Schmerzen (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*\*\*)  $p \leq 0,001$  und \*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche; \*\*  $p < 0,01$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 12. Woche in der Gesamtgruppe)

Tab. 4.33: Schmerz-Score (von 100) (MW  $\pm$  SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Schmerzen	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 13)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	21,54 $\pm$ 18,39	26,92 $\pm$ 15,53	26,80 $\pm$ 19,42	n.s.
6. Woche	10,46 $\pm$ 10,27	18,46 $\pm$ 19,27	14,80 $\pm$ 11,11	
12. Woche	8,92 $\pm$ 6,46	13,08 $\pm$ 11,15	9,20 $\pm$ 11,38	
24. Woche	18,77 $\pm$ 11,06	20,00 $\pm$ 19,34	13,73 $\pm$ 17,48	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p = 0,001$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$ 0. Woche vs. 24. Woche $p < 0,05$ 12. Woche vs. 24. Woche $p < 0,01$			Wechselwirkung n.s.

Auch im Bezug auf die Steifigkeit kann die gesamte Gruppe im Verlauf bis zum Messzeitpunkt 12. Woche eine signifikante Verbesserung von anfänglich  $39,15 \pm 23,74$  Punkten auf  $18,17 \pm 16,69$  Punkte ( $p < 0,001$ ) und bis zum Messzeitpunkt 6. Woche auf  $25,00 \pm 16,88$  Punkte ( $p = 0,001$ ) erreichen. Die Steifigkeit verschlechtert sich dagegen am Messzeitpunkt 24. Woche auf

25,49 ± 24,62 Punkte, aber es kann auch eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,05$ ) vom Messzeitpunkt 0. Woche bis 24. Woche erreicht werden (Abb. 4.45 und Tab. 4.34).

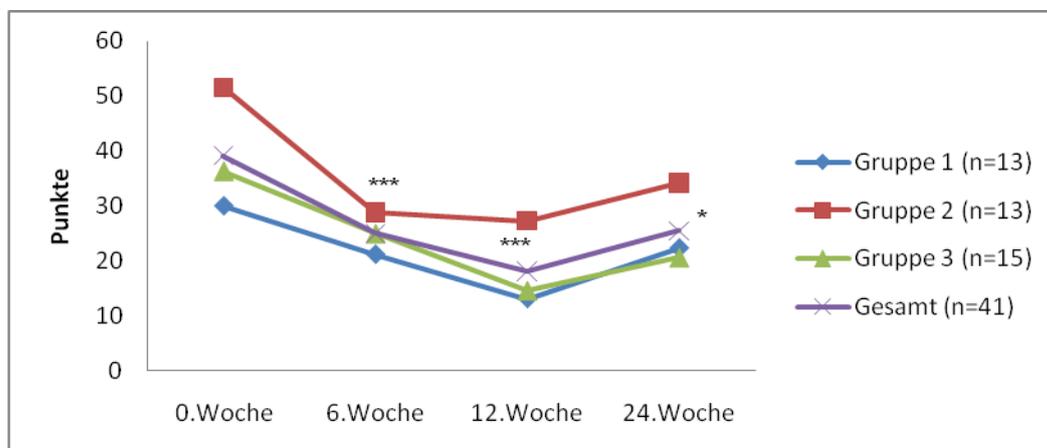


Abb. 4.45: Steifigkeit-Score (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*\*\*)  $p \leq 0,001$  und \*  $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gesamtgruppe)

Tab. 4.34: Steifigkeit-Score (von 100) (MW ± SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Steifigkeit	Gruppe 1 (n = 13)	Gruppe 2 (n = 13)	Gruppe 3 (n = 15)	p Gruppenvergleich
0. Woche	30,00 ± 23,27	51,54 ± 18,30	36,33 ± 25,10	n.s.
6. Woche	21,15 ± 12,61	28,85 ± 22,19	25,00 ± 15,12	
12. Woche	13,08 ± 9,25	27,31 ± 21,47	14,67 ± 14,57	
24. Woche	22,30 ± 23,51	34,23 ± 25,15	20,67 ± 24,70	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p = 0,001$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$ 0. Woche vs. 24. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s.

Auf der Tätigkeitsskala kann die gesamte Gruppe ebenfalls im Verlauf bis zum Messzeitpunkt 12. Woche eine signifikante Verbesserung von anfänglich 26,31 ± 21,14 Punkten auf 12,11 ± 11,55 Punkte ( $p < 0,001$ ) und bis zum Messzeitpunkt 6. Woche auf 16,53 ± 12,77 Punkte ( $p < 0,01$ ) erreichen. Die Tätigkeit verschlechtert sich dagegen am Messzeitpunkt 24. Woche auf

16,54 ± 16,06 Punkte, aber es kann auch eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,05$ ) vom Messzeitpunkt 0. Woche bis 24. Woche erreicht werden (Abb. 4.46 und Tab. 4.35).

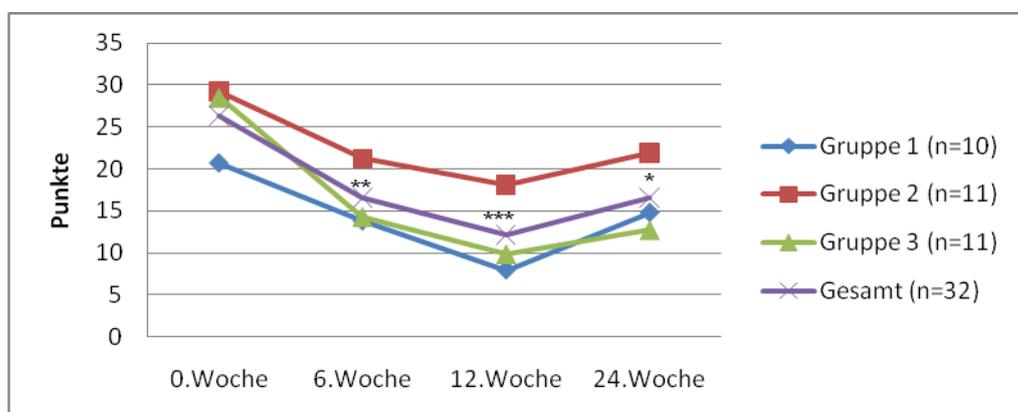


Abb. 4.46: Tätigkeit-Score (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,01$  und \* $p < 0,05$  verglichen mit dem Messzeitpunkt 0. Woche in der Gesamtgruppe)

Tab. 4.35: Tätigkeit-Score (MW ± SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten

Tätigkeit	Gruppe 1 (n = 10)	Gruppe 2 (n = 11)	Gruppe 3 (n = 11)	p Gruppenvergleich
0. Woche	20,65 ± 19,76	29,20 ± 19,11	28,56 ± 24,95	n.s.
6. Woche	13,76 ± 15,43	21,23 ± 13,88	14,33 ± 7,84	
12. Woche	7,94 ± 4,73	18,13 ± 15,33	9,89 ± 9,76	
24. Woche	14,76 ± 10,99	21,93 ± 18,62	12,78 ± 17,15	
p Zeitpunktvergleich	0. Woche vs. 6. Woche $p < 0,01$ 0. Woche vs. 12. Woche $p < 0,001$ 0. Woche vs. 24. Woche $p < 0,05$			Wechselwirkung n.s

## 4.6. Zusammenfassung der Ergebnisse

### 4.6.1. Ausdauerleistungsfähigkeit und isokinetische Messung

Im Hinblick auf die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit und die isokinetische Messung zwischen den drei Messzeitpunkten zeigen sich meistens keine unterschiedlichen Reaktionsweisen bei Gruppe 1, Gruppe 2

und Gruppe 3, obwohl eine signifikante Reduktion der Herzfrequenz in der gesamten Gruppe im Verlauf der Therapie vorliegt. Genauso wie sich auch beim maximalen Drehmoment der Extensoren und Flexoren und bei der Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s signifikante Steigerungen in der gesamten Gruppe im Verlauf der Therapie zeigen.

Im Verhältnis des maximalen Drehmoment-Wertes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s kann kein signifikanter Unterschied im Verlauf der Therapie in den drei Gruppen festgestellt werden.

In Gegensatz dazu zeigen sich im Hinblick auf Veränderungen der Gesamtarbeit der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s im Verlauf der Therapie unterschiedliche Reaktionsweisen zwischen Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3.

Für die Testgeschwindigkeit 150°/s weist die Gruppe 3 nach 6 Wochen Therapie eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren auf als die Gruppe 2 und Gruppe 1 ( $p < 0,05$ ). Für die Testgeschwindigkeit 150°/s weist die Gruppe 3 nach 12 Wochen Therapie eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren als die Gruppe 2 ( $p < 0,05$ ) auf. Für die Testgeschwindigkeit 60°/s weist die Gruppe 3 nach 6 Wochen Therapie eine signifikant höhere Gesamtarbeit der Knieflexoren auf als die Gruppe 2 ( $p < 0,05$ ).

Für die Testgeschwindigkeit 60°/s bei Gruppe 1 und Gruppe 3 zeigt der multiple Mittelwertvergleich auf, dass eine signifikante Steigerung der Gesamtarbeit der Knieflexoren vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,05$  bei Gruppe 1 und  $p < 0,01$  bei Gruppe 3) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) eintritt.

Für die Testgeschwindigkeit 150°/s zeigt der multiple Mittelwertvergleich auf, dass nur bei Gruppe 3 eine signifikante Steigerung der Gesamtarbeit der Knieflexoren vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 6. Woche ( $p < 0,01$ ) und vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche ( $p < 0,01$ ) eintritt.

#### **4.6.2. Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten (EMG-Messung)**

Die qualitative Datenanalyse zeigt, dass die Aktivitätsverläufe bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s in ihrem Erscheinungsbild sehr ähnlich

sind. In allen drei Gruppen sowie für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s entwickelt die elektrische Aktivität der Oberschenkelmuskulatur teilweise durch die Therapie eine Linksverschiebung der höchsten Innervation und eine frühere oder längere Aktivitätsplateauphase.

In Gruppe 1 ist diese Innervationsveränderung deutlicher bei der Testgeschwindigkeit 150°/s als bei der Testgeschwindigkeit 60°/s. Bei der Testgeschwindigkeit 60°/s ändert die Innervation sich im Mittelungszyklus nur bei M. biceps femoris im Therapiezeitraum und zeigt am Messzeitpunkt 12. Woche eine längere Aktivitätsplateauphase als am Messzeitpunkt 0. Woche und 6. Woche.

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s ändert sich die höchste Innervation im Mittelungszyklus bei M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis und M. biceps femoris im Therapiezeitraum und zeigt eine Linksverschiebung am Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche im Vergleich mit Messzeitpunkt 0. Woche. Im Mittelungszyklus bei M. semitendinosus zeigt sich eine längere Aktivitätsplateauphase am Messzeitpunkt 6. Woche und 12. Woche als in der 0. Woche. Nach 6 Wochen Bewegungstherapie ändert sich die Innervation der Oberschenkelmuskulatur, besonders bei schneller isokinetischer Bewegung.

In Gruppe 2 bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Mittelungszyklus bei M. biceps femoris und M. semitendinosus ändert sich die Innervation im Therapiezeitraum und zeigt eine frühere und längere Aktivitätsplateauphase am Messzeitpunkt 12. Woche als am Messzeitpunkt 0. und 6. Woche. Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s verschiebt sich die höchste Innervation im Mittelungszyklus von M. vastus lateralis, M. biceps femoris sowie M. semitendinosus nach links am Messzeitpunkt 6. und 12. Woche in Vergleich zum Messzeitpunkt 0. Woche.

In Gruppe 3 findet sich bei der Testgeschwindigkeit 60°/s eine Aktivitätsplateauphase am Messzeitpunkt 12. Woche im Mittelungszyklus von M. biceps femoris sowie M. semitendinosus. Im Gegensatz dazu fehlt eine Plateauphase am Messzeitpunkt 0. Woche. Im Mittelungszyklus von M. rectus femoris, M. vastus lateralis sowie M. vastus medialis zeigt sich eine leichte Linksverschiebung der Aktivitätsplateauphase im Verlauf des Therapiezeitraums vom Messzeitpunkt 0. Woche zum Messzeitpunkt 12. Woche.

Bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Mittelungszyklus von M. vastus medialis ergibt sich eine Linksverschiebung an dem Messzeitpunkt 6. und 12. Woche im Vergleich mit Messzeitpunkt 0. Woche. Im Mittelungszyklus von M. rectus femoris sowie M. semitendinosus zeigt sich eine leichte Linksverschiebung der Aktivitätskurve des Messzeitpunkts 6. und 12. Woche im Vergleich mit dem Messzeitpunkt 0. Woche.

Time to Peak im Mittelwert zeigen zwar einige Veränderungen, jedoch keine signifikanten Unterschiede bei der Testgeschwindigkeit 60°/s. Dagegen existieren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s einige signifikante Unterschiede für M. vastus lateralis. In Gruppe 1 und Gruppe 3 tritt eine signifikante Abnahme ( $p < 0,05$  bei Gruppe 3 und  $p < 0,01$  bei Gruppe 1) vom Time to Peak im Therapiezeitraum auf, aber in Gruppe 2 sogar eine Zunahme in der 12. Woche.

#### **4.6.3. WOMAC-Score**

Es gibt keine Unterschiede in der Wirksamkeit gegen Schmerzen, Steifigkeit und Tätigkeit zwischen den drei Gruppen.

In der Gesamtgruppe zeigt sich eine signifikante Linderung der Schmerzen und Verminderung der Steifigkeit und der Tätigkeit ab der 6. Woche ( $p \leq 0,001$ ) im Verlauf des Therapiezeitraums und sogar 12 Wochen nach der Therapie bleibt der positive Therapieeffekt erhalten ( $p < 0,05$ ).

#### **4.6.4. SF-36**

In der Gesamtgruppe zeigen sich die Items „körperliche Funktionsfähigkeit“ und „körperliche Rollenfunktion“ ab der 12. Woche im Verlauf des Therapiezeitraums signifikant verbessert ( $p < 0,01$ ). Sogar in den 12 folgenden Wochen lässt sich für die „körperliche Funktionsfähigkeit“ ein länger andauernder signifikanter Behandlungseffekt nachweisen ( $p < 0,05$ ). Aber für die Items allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion, psychisches Wohlbefinden, körperliche Summenskala und psychische Summenskala können keine signifikanten Verbesserungen im Verlauf des Therapiezeitraums ermittelt werden, weder für die Gesamtgruppe noch für die Einzelgruppen. Allerdings können signifikante Unterschiede der Items „körperliche Schmerzen“ nicht nur zwischen den drei Gruppen, sondern auch in den Einzelgruppen beobachtet werden.

In Gruppe 2 wird eine signifikant bessere Wirkung der Schmerzlinderung als bei Gruppe 1 und Gruppe 3 beobachtet. Körperliche Schmerzen der Gruppe 2 werden von 0. Woche bis 6. Woche und 12. Woche signifikant gelindert ( $p < 0,01$  zum Messzeitpunkt 6. Woche und  $p = 0,001$  zum Messzeitpunkt 12. Woche). Nach der 24. Woche geht die Verbesserung wieder verloren. In Gruppe 3 wird die signifikante Linderung der Schmerzen bis zur 12. Woche erreicht ( $p < 0,05$ ). Im Gegensatz dazu wird in Gruppe 1 keine signifikante Linderung der Schmerzen erreicht.

## **5. Diskussion**

Im Folgenden werden zunächst methodenkritische Aspekte hinsichtlich des Studiendesigns sowie der qualitativen und quantitativen Untersuchungsverfahren diskutiert. Anschließend erfolgt die Diskussion der Ergebnisse.

### **5.1. Methoden**

#### **5.1.1. Bewegungstherapie**

In der vorliegenden Studie wurden die Patienten individuell und einzeln behandelt. Nachfolgend werden die Inhalte, Methoden und Ziele der Bewegungstherapie in ein phasenspezifisches Konzept eingeordnet. Die dargestellten Konzepte folgen im Prinzip dem ACSM-Trainingsprogramm für Patienten mit Arthrose (vgl. Minor & Kay, 1997). Viele Experten stimmen in der Ansicht überein, dass das Training mit den meisten Vorteilen für Gonarthrose Übungen für Kraft und Ausdauerfähigkeit, Beweglichkeit, Koordination und Gleichgewicht beinhalten sollte (vgl. Semble et al., 1990; Hoffman, 1993; Ytterberg et al., 1994).

##### **5.1.1.1. Dehnungsübungen**

Dehnungsübungen vor, während und nach dem Training sind ein wichtiger Bestandteil des Übungsprogramms. In der vorliegenden Studie wurde die Methode des aktiven statischen Dehnens gewählt und vor dem Training durchgeführt, um die Beweglichkeit des Knies zu verbessern und Verletzungen zu vermeiden. Als Grundregel sollte jeder Patient bei der Muskeldehnung im medizinischen Aufbaustraining in seiner individuellen Dehnposition dehnen, die durch geringfügige Änderungen der Ausgangsstellung variieren kann (vgl. Horn, 1998, 54). In der vorliegenden Studie für Gonarthrose-Patienten wurde jede Dehnung individuell und möglichst schonend durchgeführt, die ersten zwei Wiederholungen sollten Aufwärmübungen sein. Erst danach sollte eine maximale Dehnungsposition erreicht werden. Außer einem leichten Ziehen durfte beim Dehnen kein zusätzlicher Schmerz entstehen. Wegen der starken Steifigkeit der Gonarthrose-Patienten wurde bei den meisten Patienten das Theraband benutzt, um die Dehnungsübungen zu erleichtern. Wenn bei einigen Dehnungsübungen bei Patienten Schmerzen auftraten, wurde empfohlen, nur bis zur Schmerzgrenze zu dehnen.

### **5.1.1.2. Koordinationstraining**

Bei der Behandlung von Patienten mit orthopädischen Problemen sollte beachtet werden, dass nicht nur die Gelenke, die Muskulatur und die Faszie, sondern auch der Einfluss, den das ZNS auf den Muskeltonus hat, Ursache für die Einschränkung des Bewegungsausmaßes sein kann. Akute oder chronische Schädigungen der Gelenke führen zur Veränderung der neuromuskulären Informationsleitung (Dyskoordination), weil die Propriozeptoren beschädigt werden (vgl. Carrière, 1999). Besonders Knie-, Hüft- und Sprunggelenk gewinnen bei einem propriozeptiven Training wesentlich an Stabilität. Das propriozeptive Training sollte ein fester Bestandteil jeder Trainingseinheit sein (vgl. Häfelinger & Schuba, 2007).

Sind die Grundlagen propriozeptiver Mechanismen gelegt, findet die Schulung der statischen Balance statt, die in die Schulung der dynamischen Balance übergeht (vgl. Wilke & Froböse, 2003). In aktuellen Behandlungen werden instabile Unterlagen, z. B. Matte, Kreise, Minitrampolin und Posturomed verwendet (vgl. Felder et al., 1998). In der vorliegenden Studie wurde das Posturomed benutzt, auf dem man mit unterschiedlichen Instabilitätsstufen üben kann. Die Voraussetzung für gute Ergebnisse der posturalen Behandlungsmaßnahmen ist die Optimierung der Körperhaltung vor jeder Therapie auf dem Posturomed. Während des Übens mit der richtigen Technik und dosierten Körperschwerpunktsverlagerungen werden die neuen aktivierten kybernetischen posturalen Steuerungsmechanismen für die segmentale Koordination automatisiert (vgl. Häfelinger & Schuba, 2007).

In der vorliegenden Studie wurde das Koordinationstraining der Gonarthrose-Patienten erst auf einer niedrigen Stufe durchgeführt. Die Patienten mussten erst einmal beidbeinig auf dem Posturomed stehen, danach mit dem (relativ) gesunden Bein einbeinig stehen, sodass die Patienten mehr Sicherheit auf dem kranken Bein in der Übung hatten. Die ganze Übung wurde von einfach bis durchschnittlich schwer nach dem Bedarf der Patienten durchgeführt. Starke Schmerzen in der Übung wurden vermieden. Ziel ist die Verbesserung der Gelenkstabilisation und, über die Förderung posturaler Synergien, die Wiederherstellung einer sicheren und physiologischen Haltung als Voraussetzung für eine souveräne Bewegungsausführung (vgl. Wilke & Froböse, 2003).

### **5.1.1.3. Krafttraining**

Mehrere Autoren stellen verschiedene Modelle für einen systematischen Aufbau eines Krafttrainings in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation vor. In der vorliegenden Studie wurde das Krafttrainingsmodell von Froböse und Lagerstrom (1991) gewählt und je nach der Situation der Gonarthrose wurden die Belastungsnormative teilweise geändert. In Phase 1 wird ein Vortraining zur Bewegungsbahnung durchgeführt. Die Zusammenstellung von Intensität, Wiederholungen, Serien und Pausendauer richtet sich nach der Ausbelastung der Patienten, die in dieser frühen Phase nur gering sein darf und keine Ermüdung hervorrufen soll. Eine einsetzende Ermüdung verschlechtert die Konzentration, die Koordination, kann Schmerzen hervorrufen und Angst vor der Bewegung erzeugen (vgl. Radlinger et al., 1998). In Phase 2 steigern sich die Intensität, Wiederholungen und Serien. Dadurch tritt ein Ökonomisierungseffekt und eine vergrößerte Ermüdungswiderstandsfähigkeit ein. In Phase 3 steigert sich die Intensität weiter, um eine Hypertrophie zu erreichen und entstandene Atrophie zu beseitigen.

Das in der Erläuterung der Methode aufgezeigte Krafttrainingsprogramm diente als Trainingsprogramm für 44 Gonarthrose-Patienten, die in diese Studie eingebunden waren. Die individuellen patientenspezifischen Situationen machten Modifikation und Reduktion notwendig. Das Training fand nur im schmerzfreien Bewegungsbereich mit angepassten Trainingsgeräten statt. Wenn die Patienten in der vorliegenden Studie wegen Schmerzen das Trainingsprogramm nicht durchführen konnten, wurde eine alternative Übung eingesetzt. Weil die Übung der Kniestrecker auf dem Sequenztrainingsgerät bei vielen Gonarthrose-Patienten schmerzhaft war, musste in diesen Fällen die Kniestrecker-Übung mit dem Seilzug durchgeführt werden. Da die Übungen am Seilzug nicht durch starre Achsen des Geräts festgelegt werden, ist ein gelenkschonendes Training möglich (vgl. Siegele, 2005). Sofern eine Differenzierung der Kraft der Oberschenkel deutlich war, wurden die Patienten einbeinig trainiert, um den besten Trainingseffekt zu erreichen. Sofern die Schmerzen nach dem Training aktiviert wurden und in zwei Tagen nicht abnahmen, wurde die Trainingsintensität reduziert, bis die Patienten wieder schmerzfrei trainieren konnten.

### **5.1.1.4. Ausdauertraining**

In der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation ist bezüglich eines ausdauerorientierten Trainings besonders der Effekt auf das Gefäßsystem her-

vorzuheben. Die Stoffwechseltransportkapazität steigert sich durch die Vergrößerung des Kapillarquerschnitts und durch die Öffnung von Ruhekapillaren (vgl. Henrikson, 1993).

Von der Vielzahl der Ausdauer-Trainingsmethoden werden in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation die Dauer- und Intervallmethoden mit kontinuierlichen Geschwindigkeiten, die Dauer- und Intervallmethode mit wechselnden Geschwindigkeiten oder das extensive Intervalltraining am häufigsten angewendet. Das Ziel der Dauer- und Intervallmethode ist eine Verbesserung der aeroben Kapazität und damit der Grundlagenausdauer. Angesprochen werden dabei alle Organ- und Energiesysteme, die für die Herstellung von Energie unter Sauerstoffbedingungen zuständig sind (vgl. Ludwig, 2001b). In der vorliegenden Studie wurde die Dauer- und Intervallmethode mit kontinuierlichen Geschwindigkeiten auf dem Fahrradergometer oder dem Laufband angewendet. Die Herzfrequenz wird als Steuerungsparameter für das Fahrradergometer und das Laufbandtraining herangezogen. Da Gonarthrose bei Menschen mittleren bis hohen Alters auftritt, liegen Sekundärerkrankungen wie z. B. kardiovaskuläre Erkrankungen durch die Bewegungseinschränkung des Kniegelenks verstärkt vor (vgl. Schulte-Frei, 2003). In der vorliegenden Studie wurden die Ausdauertrainingsprogramme von kurz andauerndem Ausdauertraining mit niedriger Intensität bis lang andauerndem Ausdauertraining mit hoher Intensität durchgeführt. Jede Trainingseinheit resultiert in leichter Müdigkeit des ganzen Körpers.

## **5.1.2. Akupunktur**

### **5.1.2.1. Scheinakupunktur**

Die Studie wurde als prospektiver, randomisierter und kontrollierter Parallelgruppenvergleich durchgeführt. Die Wahl einer adäquaten Kontrollbedingung stellt das methodische Hauptproblem in Akupunkturstudien dar. Um das Placebo der Akupunktur zu prüfen, wurde Scheinakupunktur entwickelt. Der Begriff „Scheinakupunktur“ bedeutet, dass Punkte denen nach Ansicht der TCM keine spezifische Wirksamkeit zugesprochen wird, oberflächlich gestochen werden (vgl. Park et al., 1983; Lewith et al., 1998). Es gibt jedoch eine große Diskussion über die Placebomethoden. Die Frage ist, ob Scheinakupunktur ein echtes inaktives Placebo ist und was der Unterschied zwischen der Echtakupunktur und der Scheinakupunktur ist. Die Durchdringung, sogar nur das Drücken auf der Haut, könnte eine physiologische Reaktion bewirken (vgl. Le Bars et al., 1979). Obwohl bei der Scheinakupunktur eine nicht tiefe Insektion und manuelle Stimulation der Nadel versucht wird, kann die typische Sensa-

tion (wie ein Gefühl des Ziehens, dumpfes Schmerzempfinden, Wärmegefühl oder Schwereempfinden) auch bewirkt werden. Es kann sein, dass auch Scheinakupunktur-Punkte wirksame Punkte sind. Bei einigen Techniken der Akupunktur wirkt sogar die Behandlung ohne das Gefühl der Nadel (vgl. Birch et al., 1999). Paterson & Dieppe (2005) zeigen, dass das Placebo-Modell wie eine echte und minimale Akupunkturbehandlung wirkt.

Hübscher (2007) meint in seiner Arbeit, unter methodischen Gesichtspunkten erscheine es daher sinnvoll und weiterführend, in placebo-kontrollierten Akupunkturstudien zusätzlich die klinische Wirksamkeit (Gesamttherapieeffekt) durch den Vergleich mit leitlinienorientierter, konventioneller Standardtherapie oder Wartelistenkontrolle zu evaluieren. In der vorliegenden Studie wurden die Probanden auf drei Gruppen verteilt. Die Gruppe 1 als Kontrollgruppe erhielt nur Bewegungstherapie ohne Scheinakupunktur (konventionelle Standardtherapie). Dadurch kann man auf der einen Seite die spezifischen Effekte der Akupunktur hinsichtlich der Klärung der Frage prüfen, ob die Auswirkung der Kombinationstherapie von Bewegungstherapie und Akupunktur besser ist als die Bewegungstherapie allein. Auf der anderen Seite ist es sehr schwierig, eine echte Akupunktur-Placebobehandlung zu entwickeln, und die meisten Akupunktur-Studien beinhalten echte und minimale Akupunkturbehandlungen. In der vorliegenden Studie wurden die Akupunkturbehandlungen bei den Gruppe-2-Patienten früher, bei den Gruppe-3-Patienten später durchgeführt. Theoretisch kann man dadurch den Placebo-Effekt nicht entdecken.

#### **5.1.2.2. Effektive Akupunktur**

Um eine optimale effektive Akupunktur zu bewirken, sollen einige Variablen in der Behandlung berücksichtigt werden.

#### **Die Tiefe der Nadelung**

Durch unterschiedliche Tiefe der Nadelung in die gleichen Akupunkturpunkte konnten unterschiedliche Gewebe punktiert und variierte therapeutische Effekte produziert werden. Deswegen ist die Tiefe der Nadelung sehr wichtig beim Nadeleinstechen. Es kommt darauf an, wie das Befinden, das Alter und das Körpergewicht sind. Das oberflächliche Einstechen ist geeignet für die Nadelung auf dem Kopf, im Gesicht, auf der Brust und in der abdominalen Region sowie bei Säuglingen, bei Menschen mit schwächerer Konstitution oder bei alten Menschen; das Tiefeinstechen ist geeignet für die Region der

Glieder und das Gesäß sowie bei alten Menschen mit starker Konstitution oder bei Übergewichtigen (vgl. Zhao et al., 2002).

### **Die Retention**

Retention bedeutet, dass die Nadel im Akupunkturpunkt nach der Manipulation der Nadel verbleibt. Die Retention hat eine große Bedeutung für Patienten mit einer langsamen und schwachen Sensation der Nadelung, weil die Retention die Nadeleffekte stärkt und die Sensation der Nadelung herbeiführen kann (vgl. Zhao et al., 2002).

Es gibt wenige komparative Studien, welche die optimale Dauer der Nadelung erforscht haben. Im Lehrbuch der traditionellen chinesischen Medizin wird dies so erklärt, dass die Dauer der Retention von der Kondition der Patienten abhängt. Für akute Krankheiten können die Nadeln nach der Anwendung der Manipulation herausgezogen werden oder sie bleiben 10 bis 20 Minuten im Körper. Bei chronischen Krankheiten kann die Dauer der Nadelung verlängert werden. Dazwischen werden Manipulationen durchgeführt, um bessere Effekte zu erzielen.

In einer Studie wurden Patienten mit chronischen Kopfschmerzen und Nackenschmerzen behandelt. Mehrere Patienten sprachen auf 30–60 Minuten Behandlung besser an als auf 1–5 Minuten Behandlung (vgl. Lundeberg et al., 1988). Eine 5 Minuten kurze Behandlung produzierte die gleiche Wirksamkeit wie 20 Minuten Behandlung bei Patienten mit Nacken- und Schulterschmerzen (vgl. Hansen, 1997). Daraus lässt sich folgern, dass diese Dauer der Nadelung benötigt wird, um Opioid-Peptide oder andere Transmitter freizusetzen (vgl. Han & Terenius, 1982).

### **Die Stimulation**

Die Nadelstimulation mit der Hand erfolgt durch Bewegung der Nadel, wobei verschiedene Manipulationstechniken durchgeführt werden. Die Nadeln können auch durch Wärme (Moxibustion) und elektrische Geräte stimuliert werden. Umdrehen/Rotation und Abheben/Druck sind zwei grundlegende Manipulationstechniken, die individuell oder in Kombination durchgeführt werden. Zusätzlich werden weitere vier ergänzende Manipulationstechniken (Druck entlang der Meridiane sowie Kratzen, Zupfen und Schütteln am Griff der Nadel) angewendet, um die Nadelsensation zu verstärken. Es gibt wenige Studien, die zeigen, wie die optimalen Effekte der Akupunktur durch Anpassung

der Dauer und Wiederholung der Stimulation bewirkt werden. Macus entdeckte, dass die Dauer der manuellen Stimulation mehr Akupunkturreffekte bewirkt als die Tiefe und Dicke der Nadel (vgl. Macus, 1994). Die Patienten mit chronischen Sinusschmerzen zeigen eher Entspannung durch Tiefennadelung mit Stimulation als durch Oberflächennadelung ohne Stimulation (vgl. Lundberg et al., 1988).

### **Die Selektion der Punkte**

Jeder Akupunkturist beherrscht einige individuelle Behandlungsweisen, die auf klinischen Erfahrungen und persönlichen Vorstellungen basieren. Jedoch gibt es das Selektionsprinzip, durch das die Akupunkturpunkte korrekt selektiert und kombiniert werden. Das ist der Kern der kurativen Effekte der Akupunktur.

Im chinesischen Lehrbuch (Zhao et al., 2002) wird die Methode so erklärt: Das Hauptprinzip ist, entlang der Meridiane und nach der pathologischen Kondition der Patienten Akupunkturpunkte auszuwählen. Man kann lokal oder neben dem Bereich der Krankheit und auch Punkte in der Ferne, meistens unter dem Ellenbogen, sowie die Knie-Punkte auswählen.

Viele Praktiker glauben, dass eine individuelle Behandlung (Auswahl der Akupunkturpunkte und die Methode der Stimulation) sehr wichtig ist, um die optimalen Effekte zu bewirken. In der Praxis tendieren die Praktiker dazu, bestimmte Schemata der Akupunktur-Punkte für alle oder die meisten Patienten zu benutzen (Hogeboom et al., 2001). Es gibt noch keine Forschung, welche die Behandlung der Individualisierung im Vergleich mit Standardakupunktur bewiesen hat.

### **Die Anzahl und Häufigkeit der Sitzungen**

Die Frage nach der optimalen Anwendungshäufigkeit und Anzahl ist in prospektiven Studien in der Vergangenheit bisher nicht gestellt worden. Im Lehrbuch (vgl. Zhao et al., 2002) wird erklärt, dass die Anwendungshäufigkeit von der Konstitution der Patienten abhängt. Für akute Krankheiten können jeden Tag einmal, sogar zweimal Akupunkturbehandlungen angewendet werden. Die Anzahl soll höchstens zwei- bis dreimal betragen. Für chronische Krankheiten kann die Anwendungshäufigkeit jedoch zwei- bis dreimal pro Woche umfassen. 10 Akupunkturbehandlungen bilden eine Sitzung, und nach kurzer Pause werden weitere zwei bis drei Sitzungen durchgeführt, um die langfristige Wirksamkeit zu fördern. Die Arbeit von David & Modi (1998) weist auf,

dass mögliche negative Ergebnisse auf eine zu geringe Sitzungsanzahl zurückzuführen sind.

In der vorliegenden Studie wurden die oben genannten Variablen in der Behandlung basierend auf der Theorie der Traditionellen Chinesischen Medizin berücksichtigt, um die optimalen Effekte in der Studie zu bewirken. Für Kniearthrose als eine chronische Erkrankung und auch nach der Anwendbarkeit in der Praxis erfolgten zweimal pro Woche insgesamt 10 Einzelbehandlungen, die innerhalb von 5 Wochen durchgeführt wurden. Die Auswahl der Akupunkturpunkte war nicht bei jedem Patienten gleich, sondern sie orientierte sich an den Symptomen und der Deqi-Sensation. Für die Patienten mit einer langsamen und schwachen Nadelsensation wurden sechs bis zehn Punkte, für die Patienten mit stärkerer Sensation oder Angst vor der Nadel wurden nur drei bis fünf Punkte ausgesucht. Die Stimulation der Nadel wird individuell nach den subjektiven Empfindungen der Patienten und den objektiven lokalen Gegebenheiten durchgeführt. Bei manchen Patienten werden nur die zwei Basis-Manipulationstechniken durchgeführt, weil eine stärkere Sensation schnell aktiviert wird. Bei anderen Patienten hingegen werden zwei Basis-Manipulationstechniken plus vier ergänzende Manipulationstechniken benutzt, weil sie einen längeren Reaktionszeitraum bis zur Sensation brauchen. Die Dauer der Akupunkturbehandlungen ist in der Studie nicht festgelegt, sondern wird immer individuell gewählt. In der vorliegenden Studie betrug die Dauer einer Einzelbehandlung 30–40 Minuten, dabei wurde die manuelle Nadelstimulation auf jeder Nadel alle zehn Minuten einmal und bis zum Auslösen einer „Deqi-Sensation“ durchgeführt, sodass die Patienten im ganzen Behandlungszeitraum von der Akupunktur beeinflusst wurden. Nach dem Befinden, dem Alter und dem Körpergewicht wurde die Nadel bis zu einer Tiefe von 0,5–2,5 cm gestochen.

### **5.1.3. Gehstest**

Da der 6-Minuten-Gehstest ein leichter und sicherer Test für Kniearthrose-Patienten ist, haben viele Kniearthrostudien den 6-Minuten-Gehstest benutzt, um die Ausdauerfähigkeit der Patienten zu erfassen. Aber diese hängt sehr stark von der Unterstützung des Therapeuten und der Motivation des Patienten ab.

Der Ausdauerstest bei der Fahrradergometrie kann auch eine Untersuchungsmethode für Kniearthrose sein. Fahrradfahren ist eine optimale Bewegung für Patienten mit Kniearthrose. Allerdings ist Fahrradfahren keine all-

tägliche Belastung und zwingt oftmals bei Ermüdung der Oberschenkelmuskulatur zum Leistungsabbruch, bevor die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit erreicht werden kann (vgl. Hollmann et al., 2006). Im Gegensatz dazu hat die Lauf- bzw. Gehbelastung den Vorteil, dass diese Bewegungsform mit der alltäglichen Aktivität in höherem Zusammenhang steht als das Radfahren (vgl. Gieg et al., 1994).

Bös (1994) hat den 2-km-Walking-Test entwickelt, womit der körperliche Leistungs- und Gesundheitszustand objektiv überprüft werden kann. Bei der Durchführung des Walking-Tests sollen die Personen versuchen, mit Maximalgeschwindigkeit eine 2 km lange, ebene Strecke zu walken. Die Zielgruppe stellen gesunde Personen dar. Daher wurde der Reha-Walking-Test für den Bereich der medizinischen Rehabilitation entwickelt. Er basiert auf dem Testverfahren des 2-km-Walking-Tests, allerdings hier entsprechend der Zielgruppe mit nicht maximaler Belastungsvorgabe, sondern bei einer über die Herzschlagfrequenz limitierten Belastung von „180 minus Lebensalter“ (vgl. Härtel, 2007). Der Reha-Walking-Test hat den Nachteil, dass meist nicht konstante Bedingungen wie Wetter oder Geländeprofil vorhanden sind und die permanente Überwachung des Patienten kaum erfolgen kann.

In der vorliegenden Studie wurde ein Gehstest auf dem Laufband ausgewählt. Ein Gehstest auf dem Laufband ermöglicht eine standardisierte Belastungssteigerung bis zur subjektiven Ausbelastung des Patienten bei gleichzeitiger dauerhafter Überwachung. Die Intensität bei Gehbelastungen kann über Geschwindigkeit und Neigungswinkel des Laufbandes reguliert werden. Aus der Vielzahl bereits existierender Belastungsprotokolle konnte sich bisher kein einheitliches Belastungsprotokoll für einen Walking-Stufentest auf dem Laufband durchsetzen. Der im Institut für Sport und Sportwissenschaft der Universität Karlsruhe entwickelte Walking-Test auf dem Laufband dauert ca. 20 Min. Die Laufbandgeschwindigkeit liegt zwischen 3 bzw. 4 km/h und 6 km/h bzw. 7 km/h. Bei einer Stufendauer von jeweils 2 Minuten wird die Geschwindigkeit nach jeder Stufe um 0,5 km/h erhöht. Bis 6 km/h bzw. 7 km/h wird die Geschwindigkeit konstant gehalten und stattdessen die Steigung des Laufbandes um jeweils 2,5 % pro Stufe bis 18,5 % erhöht (vgl. Härtel, 2007).

Der Walking-Test auf dem Laufband der Universität Karlsruhe dauert zu lang für die Patienten von 50 bis 75 Jahren mit Kniearthrose und es könnte zu einer Verschlimmerung der Beschwerden der Knie kommen. In der vorliegenden Studie wurden die Belastungsprotokolle von Verdonck et al. (2003) verwendet,

die relativ sanft und einfach sind. Bei der Untersuchung im Klinikbereich mit laufbandunerfahrenen Personen sollte zur Gewöhnung immer mit einer sehr geringen Geschwindigkeit begonnen werden. Auch die Belastungsanstiege sollten sowohl aus messmethodischen Gründen als auch aufgrund koordinativer Aspekte moderat sein. Die Patienten mit Kniearthrose haben grundsätzlich schwächere Ausdauerfähigkeiten und wegen der Kniebeschwerden kann die höhere Belastung nicht lange dauern.

In der vorliegenden Studie dauerte der Gehetest nur 6 Minuten, die Laufbandgeschwindigkeit wurde von 4,0 km/h bis 6,0 km/h und die Steigung von 1 % bis 8 % erhöht. Nur drei Patienten haben wegen Unsicherheit der Knie bei höherer Geschwindigkeit und subjektiver Erschöpfung den Test abgebrochen. Die meisten Patienten haben diesen Gehetest auf dem Laufband durchgehalten und dadurch gezeigt, dass diese Belastungsprotokolle bei Patienten mit Kniearthrose durchführbar sind. Bei diesem Test wurde die Herzschlagfrequenz kontrolliert, welche nicht über den maximal erlaubten Puls hinausgehen sollte.

#### **5.1.4. Isokinetische Maximalkraft-Messungen**

Um die Muskelkraft zu messen, ist die isokinetische Testung weit verbreitet (vgl. Tan et al., 1995; Brandt et al., 1999). Diese Testung wird als diagnostische Methode benutzt sowie zur Dokumentation der Krankheitsprozesse und Behandlungseffekte bei Patienten mit Beschwerden der Muskulatur und der Gelenke (vgl. Davies, 1992; Mayer et al., 1994). Die isokinetischen Geräte haben in der Diagnostik, der Rehabilitation und der Forschung an Bedeutung gewonnen. Das Biodex-System ist dabei eines der am häufigsten benutzten Geräte. Die isokinetische Kraft ist definiert als die „dynamische Kraft, welche innerhalb eines gezielten, geführten Bewegungsablaufes unter kontrollierter, vorgegebener Geschwindigkeit entfaltet werden kann“ (vgl. Steinbach, 1992). Das bedeutet, dass der Patient am Gerät bei gleichbleibender Geschwindigkeit eine individuelle Kraftleistung erbringt, wobei sich das Gerät dem Patienten hinsichtlich des Widerstandes weitgehend anpasst. Für Patienten mit Kniearthrose ist die isokinetische maximale Kraftmessung ein sicherer und sinnvoller Test, im dem die individuellen Gegebenheiten des Patienten wie Schmerz, Ermüdung und Kraft so optimal wie möglich berücksichtigt werden und gleichzeitig die Geschwindigkeit unvermindert beibehalten werden kann. Der Widerstand tritt erst dann auf, wenn die vorher festgelegte Geschwindigkeit vom Patienten erreicht wird (vgl. Mayer et al., 1994).

Die Vorbereitung eines Patienten auf einen isokinetischen Test hat eine entscheidende Bedeutung für korrekte Messergebnisse. Zur Vorbereitung sollten sich die Probanden aufwärmen, in die Funktionsweise des Gerätes eingewiesen werden und die Testbewegung erproben (Froböse, 1993a). Neben diesen vorbereitenden Maßnahmen hat die Motivation des Patienten Einfluss auf die Messergebnisse. Dieser Faktor ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil durch die isokinetische Messung nur die willkürlich entwickelte Muskelkraft erhoben wird. Die Probanden der vorliegenden Studie wurden während der Testdurchführung verbal größtmöglich motiviert und machten auf den Verfasser einen sehr motivierten und engagierten Eindruck.

Um den Einfluss der Ermüdung im Zusammenhang mit einer tageszeitlichen Leistungsschwankung und der lokalen muskulären Ermüdung möglichst gering zu halten, sollten die Tests etwa zur gleichen Tageszeit und ohne intensive Aktivierung der Beinmuskulatur vor einem Untersuchungstermin erfolgen (vgl. Hyde, 1983).

Zu einer Beeinflussung der Kraftentwicklung können Schmerzen führen, die während der Testbewegung auftreten (vgl. Froböse & Hardelauf, 1995). In der vorliegenden Studie traten nach der Testung bei den Patienten keine großen Beschwerden im Bereich des Kniegelenkes auf. Die Schmerzen oder das unangenehme Gefühl wegen großer Belastung waren innerhalb von 24 Stunden wieder abgeklungen. Allerdings muss man berücksichtigen, dass es unbewusst bei einigen Patienten wegen geringer Schmerzen zu einem Nachlassen des Krafteinsatzes gekommen ist.

#### **5.1.5. EMG-Messung**

Die Elektromyographie (EMG) ist eine experimentelle Technik, die sich der Entstehung, Aufzeichnung und Analyse myoelektrischer Signale widmet. Myoelektrische Signale werden durch physiologische Zustandsvariationen der Muskelfasermembran generiert. Im Gegensatz zum klassischen neurologischen EMG, bei dem durch einen externen elektrischen Stimulus die artifizielle muskuläre Antwort in (meist) statischen Bedingungen via Nadelelektroden erfasst wird, liegt der Fokus des kinesiologicalen EMGs auf der Erfassung und Analyse der willkürlichen Muskelaktivierung in funktionellen Bewegungen, posturalen Aktivitäten oder Therapie-/Trainingsübungen (vgl. Konrad, 2005).

Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Elektrodentypen zu verwenden. Grundsätzlich ist zwischen Oberflächenelektroden sowie Nadel- und Faden-

elektroden zu unterscheiden (vgl. Freiwald et al., 2007). Der Vorteil der Oberflächenelektroden besteht im Gegensatz zu Nadelelektroden darin, dass den Probanden eventuelle Schmerzen, Infektionen oder Materialbrüche erspart bleiben und dynamische Bewegungen ohne Verlust von Bewegungsfreiheit ausgeführt werden können. Ein Nachteil der Oberflächenelektroden ist, dass nur oberflächlich lokalisierte Muskeln abgeleitet werden können. Die Selektivität der Ableitung ist darüber hinaus auch weit geringer als bei Nadelelektroden, da motorische Einheiten nicht gezielt „punktiert“ werden können. Es treten Crosstalks durch benachbarte Muskeln auf, da von ihnen verursachte Potenzialdifferenzen ebenfalls mit abgeleitet werden. Das zustande kommende Potenzial resultiert somit aus den Einzelpotenzialen vieler motorischer Einheiten (vgl. Clarys & Cabri, 1993; Tosh, 1990).

Bei den Versuchsbedingungen in Sport, Prävention und Rehabilitation wird in den meisten Fällen mit Oberflächenelektroden abgeleitet. In der vorliegenden Studie wurden die Oberflächenelektroden und das EMG-Isokinetik Modell der Software „MyoResearch XP 2000“ verwendet, um die Aktivitäten der Oberschenkelmuskulatur zu messen und das „rohe“ EMG-Signal auszuwerten. Um eine aussagekräftige EMG-Analyse und -Interpretation vorzubereiten, ist es sehr wichtig, die wichtigsten Faktoren zu berücksichtigen und zu standardisieren. Wie in der vorliegenden Studie benutzt, können die isokinetischen Geräte die variierenden Kraft-/Lastbedingungen erfassen, Bewegungsbereiche kontrollieren, konstante Geschwindigkeit gewährleisten und die Zahl der Wiederholungen festlegen, wodurch man in der vorliegenden Studie eine sehr hohe Test-Standardisierungsebene hatte.

Außerdem muss man auch bei der EMG-Messung beachten, die Probanden immer zu der gleichen Tageszeit und in einem ausgeruhten Zustand zu testen, sie vorher gut aufzuwärmen und auf eine konstante Raumtemperatur zu achten. In der vorliegenden Studie konnte keine konstante Raumtemperatur gewährleistet werden. Das hat einen großen Einfluss auf die Messergebnisse. Eine weitere Problematik ist die Elektrodenplatzierung. In der vorliegenden Studie dauerte der Messzeitraum 12 Wochen. Das Problem war, die Elektroden über den gesamten Messzeitraum unverändert zu positionieren. Bisher konnte in der Literatur noch keine optimale Methode gezeigt werden. Die vorliegende Studie basiert auf einem Vermessungssystem, welches die anatomischen Orientierungspunkte benutzt, um die Elektrodenposition zu vermessen. So wird versucht, die Elektrodenpunkte genau einzumessen und beim

zweiten Mal und dritten Mal bei der Elektrodenplatzierung der EMG-Messung die gleiche Elektrodenposition zu benutzen. Es gibt zurzeit ohne weitere Forschung keine andere Möglichkeit, die Methode der Elektrodenplatzierung zu verbessern.

Bei der Beurteilung, wie stark ein Muskel beansprucht ist, stellt sich zunächst das Problem, dass ein objektiver Vergleichswert gefunden werden muss. Die Signalamplituden von verschiedenen Muskelgruppen, Versuchspersonen oder Versuchstagen sind nicht direkt vergleichbar, da die Ableitbedingungen zu stark variieren können. Als gesuchte Referenzgröße kann die maximale Willkürkontraktion (Maximum voluntary contraction, MVC) dienen. Dabei wird der Muskel zwei bis fünf Sekunden maximal angespannt. Es ist darauf zu achten, dass die Kontraktion isometrisch erfolgt. Alle weiteren Messwerte können dann in % MVC angegeben werden (vgl. Eichardt, 2007).

MVC-normalisierte EMG-Werte geben ein besseres Verständnis dafür, auf welchem Anstrengungsniveau der Muskel innerviert hat. Sie eliminieren die variierenden Einflüsse der lokalen Ableitbedingungen. Problematisch ist jedoch, dass bis jetzt noch keine evaluierten Studien zu MVC-Tests vorliegen, die eine optimale Innervation bestimmter Muskeln ermöglichen. Außerdem kann das MVC-Konzept nur in Studien mit gesunden und trainierten Probanden angewandt werden. Patienten mit verletzten Strukturen können keine MVCs durchführen. Darüber hinaus kommt es vor, dass in den statischen MVC-Messungen Werte erzielt werden, die geringer als in der eigentlichen dynamischen Messung sind (vgl. Konrad, 2005). So konnten wie in der vorliegenden Studie wegen Beschwerden im Knie und der Unsicherheit bei großer Belastung die Patienten keine maximale willkürliche Kontraktion produzieren. Daher gab es keine Möglichkeit zur MVC-Amplitudennormalisierung.

Für gemittelte EMG-Kurven wurde auch der Mittelwert oder Spitzenwert als Referenzwert zur Normalisierung verwendet. Der Vorteil dieses Messverfahrens besteht darin, dass keine zusätzliche Referenzmessung durchgeführt werden muss, da die Daten der eigentlichen Messung entnommen werden. Sind jedoch nur wenige Wiederholungen ausgeführt worden, die zur Mittelwertberechnung herangezogen werden können, oder bestehen Kabelbewegungen, die hohe Spitzenamplituden entstehen lassen, werden die Analyseergebnisse beeinflusst. Beide Methoden haben den großen Nachteil, dass jegliche Abschätzung (zumindest qualitativer Natur) der Innervationsniveaus eliminiert wird, d.h. eine Aktivierungskurve nahe dem Maximum erhält die

gleiche Dimension wie die auf extrem niedrigem Niveau. Bei Vergleichen von Versuchen oder Kanälen desselben Probanden geht die Information über das Innervationsverhältnis verloren, was eigentlich ein zentraler Analysefaktor für EMG-Messungen ist (vgl. Konrad, 2005). Deswegen wurde in der vorliegenden Studie versucht, die EMG-Daten mikrovoltskaliert zu lassen und auf eine sehr gut durchgeführte und standardisierte Haut-/Elektrodenvorbereitung zu achten. Die unnormalisierten Patienten-EMG-Daten wurden durch die Gruppenmittellungskurve qualitativer Beschreibungen des Kurvenverhaltens innerhalb von Bewegungszyklen analysiert und interpretiert. Es wurde auch der Parameter Time to Peak verwendet, der keine Normalisierung braucht, um den Aktivitätskurvenverlauf zu bewerten (vgl. De Luca, 1997).

## **5.2. Diskussion der Ergebnisse**

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Ausdauerleistungsfähigkeit, der isokinetischen Untersuchung und des neuromuskulären Ansteuerungsverhaltens (EMG-Messung) diskutiert. Anschließend erfolgt die Diskussion des Ergebnisses der Patientenfragebögen (WOMAC und SF-36) sowie die Limitation der Studie. Dabei ergibt sich, ob eine Bestätigung der aufgestellten Hypothesen jeweils möglich ist.

### **5.2.1. Ausdauerleistungsfähigkeit**

Die Assoziation zwischen Osteoarthritis und schlechter kardiovaskulärer Kondition ist in letzter Zeit anerkannt geworden (vgl. Waters et al., 1987; Minor et al., 1988; Philbin et al., 1995). Um die kardiovaskuläre Gesundheit der Patienten mit Osteoarthritis zu beurteilen, führten Philbin et al. (1995) mit 37 Gonarthrose-Patienten des Endstadiums einen kardiopulmonalen Test unter Verwendung eines Fahrradergometers durch, bei dem sich zeigte, dass der maximale Sauerstoffverbrauch der Arthrose-Patienten stark abgenommen hatte. Dies lässt auf eine schrittweise ansteigende Gefahr der Entwicklung einer koronaren Herzerkrankung für Osteoarthritis-Patienten schließen. Daher empfiehlt es sich für Arthrose-Patienten, Ausdauertraining durchzuführen, um auf der einen Seite die Knieschmerzen zu lindern und die Kniefunktion zu verbessern und auf der anderen Seite die kardiovaskuläre Kondition zu stärken.

Vorhergehende Studien haben noch keine Untersuchung für Gonarthrose mit Gehstest auf dem Laufband durchgeführt. Die meisten Gonarthrose-Studien haben den 6-Minuten-Gehstest benutzt und gezeigt, dass die Ausdauerleis-

tungsfähigkeit durch Training verbessert werden konnte (vgl. Ettinger et al., 1997; Mangione et al., 1999).

Mangione et al. (1999) haben in ihrer Studie ein Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer durchgeführt. Die Effekte der Hoch-Intensität und Niedrig-Intensität des Ausdauertrainings auf dem Fahrradergometer mit 39 Patienten (71+/-6,9 J) der Gonarthrose wurden geprüft. Die hohe Intensität (70 % Maximalherzschlag) oder niedrige Intensität (40 % Maximalherzschlag) des Ausdauertrainings dauerte zehn Wochen, je 25 Minuten, dreimal pro Woche. In beiden Gruppen verbesserte sich die Ausdauerleistungsfähigkeit (6 Minuten Walking-Test) signifikant, jedoch gab es keinen Unterschied zwischen Hoch-Intensität und Niedrig-Intensität. Bei Péloquin et al. (1999) wird auch eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit nach drei Monaten Trainingsprogramm erreicht, wobei das Training für die Beweglichkeit, Kraft und Ausdauerfähigkeit eine Stunde pro Woche durchgeführt wurde. Es verbesserte die Walking-Distanz um 12,8 %. Kovar et al. (1992) haben beobachtet, dass nach acht Wochen und 30 Min Walking-Trainingsprogramm eine 18%ige Zunahme der Walking-Distanz bei Patienten mit Gonarthrose erreicht wird. Die vorliegende Studie zeigte ähnliche Ergebnisse, wonach sich die allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit bei Gonarthrosepatienten der gesamten Gruppen während und nach zwölf Wochen Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer verbessert hatte.

Akupunktur ist eine wesentliche Methode gegen Schmerzen. In der Literatur finden sich keine Studien, welche den leistungssteigernden Einfluss der Akupunktur auf die Ausdauerfähigkeit von Patienten beschreiben. Es liegen jedoch einige Forschungen für Leistungssportler vor, die ergeben, dass Akupunktur die allgemeine Ausdauerfähigkeit verbessern kann. Kaada (1984) hat angezeigt, dass Läufer (800 und 1000 m Lauf) und Schwimmer (100, 200 und 400 m Schwimmen) ihr persönliches Resultat nach TEAS (transkutane elektronische Akupunkturpunkt-Stimulation) der Akupunktur Punkte LI4 (Hegu) im Vergleich mit der Scheinakupunktur-Prozedur verbessern konnten. Es scheint daher, dass die Ursachen verstärkter physischer Ausdauerfähigkeit bei Leistungssportlern die reduzierte muskuläre Anspannung, ein verbesserter Sauerstofftransport zu der arbeitenden Muskulatur, ein erhöhter Sauerstoffverbrauch und die muskuläre Mikrozirkulation aufgrund psychologischer Faktoren sind. Die Untersuchung von Lin et al. (2009) festigt die Hypothesen der verbesserten sportlichen Leistungen bei Hochleistungssportlern aufgrund der

verbesserten Sauerstoffaufnahme. Die Autoren haben herausgefunden, dass die Stimulation der aurikulären Akupunkturpunkte 30 Minuten vor dem Test bei Boxsportlern zu verbesserter Erholung nach Sauerstoffausschöpfung mittels Laufband im Vergleich mit der Kontrollgruppe führt. Es finden sich weitere Studien, welche die vorteilhaften Auswirkungen der spezifischen Akupunkturpunkte (Neiguan PC6) auf das kardiovaskuläre System bei Tieren (Katzen, Ratten und Hunde) zeigen (vgl. Liu et al., 1986; Kong, 1988; Jin et al., 1988; Syuu et al., 2001; Tsou et al., 2004).

In der vorliegenden Studie hat die Akupunktur als ergänzende Therapie zur Bewegungstherapie keine signifikanten Unterschiede der Ausdauerleistungsfähigkeit zwischen Bewegungstherapie und einer Kombination von Akupunktur und Bewegungstherapie ergeben. So konnte bei zwei Kombinationsgruppen keine unterschiedliche Wirkung nachgewiesen werden. Die Hypothese 2, dass Ausdauerleistungsfähigkeit durch Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie signifikant verbessert wird, konnte durch die erhobenen Daten nicht bestätigt werden. Ebenso konnte die Hypothese 4 über die Auswirkung der verschiedenen Anfangszeitpunkte der Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie nicht verifiziert werden. Ursächlich hierfür ist, dass vorwiegend die Akupunkturpunkte nach chinesischem Behandlungsprinzip bei der Akupunkturbehandlung der Beine ausgewählt wurden, jedoch keine Akupunkturpunkte, die spezifisch auf das kardiovaskuläre System wirken. Außerdem zeigt sich in der Literatur eine spontane Wirkung der Akupunktur auf die Ausdauerleistungsfähigkeit. In der vorliegenden Studie wurde der Gehtest auf dem Laufband nach einer Woche Akupunkturbehandlung durchgeführt. Jedoch lässt dies vermutlich die Schlussfolgerung zu, dass die Auswirkung der Akupunktur auf die Ausdauerleistungsfähigkeit nach einer Woche bereits reduziert sein könnte.

### **5.2.2. Isokinetische Untersuchung**

In vielen Studien (vgl. Brandt et al., 2000; Felson, 2006; Fisher & White, 1997) hat sich erwiesen, dass die Kraft der Knie-Extensoren und der Flexion bei Arthrose-Patienten deutlich abgenommen hat. Wegen der Schwäche der knieumgebenden Muskulatur kann die Fähigkeit des Knieschutzes reduziert sein. Durch den Defekt der Struktur und die Degeneration der Gelenke ist großer physikalischer Stress prädisponiert (vgl. Hurley, 1999). Ein kräftiger Quadrizeps spielt auch eine wichtige Rolle, um vor fortschreitender Gonarthrose zu schützen (vgl. Hurley, 1999; Jordan et al., 2003; Rogind et al.,

1998). In der Literatur wird gezeigt, dass die Kraft der hinteren Oberschenkelmuskulatur bedeutend wichtiger ist im Rahmen der Selbstwirksamkeit und Leistung (vgl. Maly et al., 2006).

In der Studie von Péloquin et al. (1999) wird ein Trainingsprogramm (Ausdauertraining, Krafttraining und Dehnungen) durchgeführt und gezeigt, dass nach drei Monaten der Intervention signifikante Steigerungen nur bei der isokinetischen Kraft der ischiokruralen Muskulatur aufgetreten sind, aber nicht beim Quadrizeps. Die Autoren meinen, die mögliche Ursache ist, dass die Trainingsprogramme nicht die richtige Stimulation anbieten können, die man zur Steigerung der isokinetischen Kraft braucht. Außerdem ist die Trainingsintensität dieser Muskelgruppe zu niedrig wegen der niedrigen Schmerztoleranz der Knie bei den Übungen. In der vorliegenden Studie zeigte die isokinetische Kraft des Quadrizeps und der ischiokruralen Muskulatur bei beiden Geschwindigkeiten eine signifikante Zunahme in der Gesamtgruppe während zwölf Wochen Bewegungstherapie. Demzufolge wurden in der vorliegenden Studie die Trainingsprogramme mit der richtigen Intensität ohne starke Schmerzen durchgeführt und die Kraft der Knie-Extensoren und der Flexoren bei Arthrose-Patienten hat deutlich zugenommen.

Die Aquatherapie kann von Vorteil für Arthrose-Patienten sein. Sie umfasst alle bewegungstherapeutischen Maßnahmen, die im Wasser stattfinden wie z. B. Schwimmen, Aquajogging, Gymnastik und Spiele. Durch die Spezifik des Mediums „Wasser“ ist es möglich, eine frühfunktionelle, aber auch schonende Behandlung durchzuführen (vgl. Nellessen & Eckey, 2003). In der vorliegenden Studie wurde ein gerätegestütztes Krafttrainingsprogramm benutzt, um die Kraft der knieumgebenden Muskulatur zu stärken. Der Grund, dass das gerätegestützte Krafttrainingsprogramm benutzt wird, ist erstens: Es besteht das Risiko, dass die Akupunkturpunkte sich entzünden, wenn die Patienten nach Akupunktur im Wasser trainieren. Zweitens: Obwohl die Patienten mit schwerer Arthrose die Schmerzen in der Knie-Extensionsphase wahrnehmen konnten, ist das Krafttraining an Land empfohlen worden, um die Muskelkraft zu verbessern. Foley et al. (2003) hat das Krafttraining der Hydrotherapie mit dem Krafttraining an Land verglichen. Eine größere Zunahme der Kraft wird beim Krafttraining an Land erzielt. Die Hydrotherapie ist eher für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Bedeutung.

In der Literatur über Untersuchungen, die meist nur Fragebögen und Gehstest einsetzen, finden sich Ergebnisse, nach denen Akupunktur Kniearthro-

se-Schmerzen lindern und die Funktion verbessern kann. Nur in einigen Untersuchungen wurden biomechanische Untersuchungen für Gesunde oder Patientengruppen durchgeführt. In der randomisierten, kontrollierten Einfach-Blind-Studie von Ludwig (2001a) werden statistisch hochsignifikante Steigerungen der Maximalkraftwerte um 18 % und der myoelektrischen Aktivität um durchschnittlich 46 % nach tonisierender Stimulierung zweier Akupunkturpunkte (M 32-Futu und M 36-Zusanli) für zwölf Reha-Patienten nach vorderer Kreuzbandplastik gezeigt. Eine Kontrollgruppe und eine Placebo-Akupunkturgruppe von je acht Patienten zeigen keine Unterschiede im Test-Retest-Verfahren. Die Wirkung der Akupunktur reduziert spontan die hemmenden Einflüsse auf das neuromuskuläre System und bewirkt eine deutliche Erhöhung der elektrischen Aktivität und der Kraftwerte der betroffenen Quadrizepsmuskulatur. Der Autor meint, durch die Reduzierung der Hemmung des neuromuskulären Systems wird das rehabilitative Krafttraining nicht auf Basis pathologischer Bewegungsmuster durchgeführt, sondern eine Wiederanpassung an physiologische Bewegungsprogramme forciert.

Im Vergleich mit der erwähnten Studie wurden in zehn Sitzungen über fünf Wochen Akupunkturbehandlungen durchgeführt. Die Zunahme der isokinetischen Kraft (Extension und Flexoren) und der Gesamtarbeit (Extension und Flexoren) konnte von der zusätzlichen Akupunkturbehandlung nicht beeinflusst werden. Die Verbesserung der funktionellen Fähigkeiten konnte bei den Patienten mit einer Gonarthrose durch Akupunktur nicht biomechanisch nachgewiesen werden. Demzufolge kann Hypothese 3 nicht bestätigt werden. Ebenso lässt sich Hypothese 4 nicht durch die Parameter maximales Drehmoment und Gesamtarbeit bestätigen, da sich durch die unterschiedlichen Anfangszeitpunkte der Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie keine signifikanten Unterschiede ergeben haben. Obwohl in der vorliegenden Studie direkt nach der Akupunktur die Trainingsprogramme durchgeführt wurden, sollte vermutlich unter einem verbesserten physiologischen Bewegungsmuster trainiert werden, um bessere Auswirkungen als mit ausschließlicher Bewegungstherapie zu erreichen. Die Akupunkturbehandlung ließ in der vorliegenden Studie noch keine lang anhaltende Auswirkung erkennen, weil die Hemmung der motorischen Aktivierung nur spontan reduziert wurde.

Gesamtarbeit und maximales Drehmoment können als vertrauenswürdige Parameter für die Evaluation der Funktion der Muskulatur und Gelenke

nachgewiesen werden (vgl. Kannus, 1992). In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die Zunahme der Gesamtarbeit der Flexoren von der zusätzlichen Akupunkturbehandlung nicht beeinflusst werden konnte. Aber sie zeigte bei Gruppe 3 ein größere Zunahme der Gesamtarbeit als bei Gruppe 1 und Gruppe 2 in der 6. Woche und Gruppe 2 in der 12. Woche bei 150°/s. Bei 60°/s wurde eine stärkere Zunahme der Gesamtarbeit bei Gruppe 3 als bei Gruppe 2 in der 6. Woche festgestellt. In der vorliegenden Studie wurden hauptsächlich die Akupunktur-Punkte der vorderen Oberschenkel ausgewählt. Vermutlich hat die Akupunkturbehandlung ganz wenig Einfluss auf die Muskulatur der hinteren Oberschenkel. Wegen der Unterschiede der Trainierbarkeit der Gruppen nahm die Gesamtarbeit der hinteren Oberschenkel in Gruppe 3 signifikant zu und zeigte eine deutliche Verbesserung der Knie-Funktion der Flexoren als bei den anderen Gruppen. In einer zukünftigen Studie sollten bei Untergruppen der Gonarthrose die speziellen Veränderungen der biomechanischen Parameter untersucht und eine langfristige Akupunkturbehandlung und eine hohe Stichprobenzahl angewendet werden, um die Auswirkung der Kombinationstherapie zu zeigen.

In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass das Verhältnis des maximalen Drehmoment-Wertes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s nicht nur zwischen den Gruppen, sondern auch zwischen den Messzeitpunkten keinen signifikanten Unterschied erreichte. Das Flexoren/Extensoren-Verhältnis liegt bei 60°/s bei ca. 46 % bis 54 % und bei 150°/s bei ca. 53 % bis 60 %. Die Studie von Tan et al. (1995) hat bei isokinetischer (bei 60°/s und 180°/s) Testung gezeigt, dass trotz des Verlustes des isokinetischen maximalen Drehmoments der Extension und Flexion der Gonarthrose im Vergleich mit gesunden Personen das Verhältnis des maximalen Drehmoment-Wertes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren keinen signifikanten statistischen Unterschied im Vergleich mit gesunden Menschen gezeigt hat. Das Flexoren/Extensoren-Verhältnis liegt bei 60°/s bei ca. 57 % und bei 180°/s bei ca. 44% bis 57%. Obwohl beide Studien nicht die gleiche langsame Testgeschwindigkeit verwendeten, sollte sich das Verhältnis normalerweise mit abnehmender Geschwindigkeit zugunsten der Extensoren verändern, das heißt, das Flexoren/Extensoren-Verhältnis ist ähnlich wie in der vorliegenden Studie. Davies (1992) hat als Normwert für das Verhältnis des maximalen Drehmoments der Knieflexoren zu dem der Knieextension das Verhältnis von 70 % bis 79 % bei 180°/s und von 60 % bis 69 % bei 60°/s angegeben. Die unterschiedlichen Ergebnisse haben gezeigt, dass

für verschiedene Menschen jeweils ein eigener Normwert gilt. Es kann sein, wie die Studie von Tan et al. (1995) meint, dass es bei Gonarthrose keine Unausgewogenheit der Muskulatur gibt. Deswegen ist im Trainingsplan der Gonarthrose das Muskelkrafttraining der ischiokruralen Muskulatur genauso wichtig wie das des Quadrizeps.

### **5.2.3. Neuromuskuläres Ansteuerungsverhalten**

Die Hemmung im Zentral-Nerven-System (Defekt der willkürlichen Muskelaktivierung oder eine arthrogen bedingte Muskelhemmung (AMI)) ist eine Ursache der muskulären Schwäche, die beim Alterungsprozess und bei Gonarthrose eintritt (vgl. De Serres et al., 1998; Harridge et al., 1999; Hurley & Newham, 1993; Oreilly et al., 1998; Stackhouse et al., 2000; Stevens et al., 2001). Studien haben die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit nach einer Knieverletzung erforscht und die Verminderung der elektromyographischen Amplitude des Quadrizeps im Vergleich mit dem gesunden Bein der Patienten gezeigt. Die Autoren meinen, dass muskuläre Hemmung eine Konsequenz des Krankheitsprozesses ist (vgl. Hurley & Newham, 1993; Hurley & Scott, 1998; Hurley et al., 1997). Hurley et al. (1994) erforscht die Rolle der muskulären Hemmung und die isometrische und isokinetische Kraft der Muskulatur bei zehn Gonarthrose-Patienten. Der Quadrizeps des Gonarthrose-Beines zeigt eine muskuläre Hemmung und eine signifikante Schwäche gegenüber dem Quadrizeps des gesunden Beines.

Zwischen Schmerz, Gelenk und Muskulatur besteht eine intensive Wechselbeziehung. Schmerzen (gleich welcher Genese und Ursprungs) können sich auf Gelenke und Muskeln auswirken. Funktionelle oder strukturelle Läsionen der Gelenke können ihrerseits zu Schmerzen führen, unabhängig hiervon führen sie praktisch immer (also auch ohne Schmerz) zu entsprechenden Veränderungen der Muskulatur. Diese reagiert eben nicht monoman mit Tonuserhöhung oder Verkürzung. Vielmehr kann es auch zu einer Inhibition, einer gestörten Propriozeption, einer gestörten Rekrutierung und/oder Adaptierung kommen (vgl. Beyer, 2003). So finden sich bei Patienten mit Gonarthrose eine verminderte Haltungskontrolle, eine verminderte Propriozeption, eine verminderte Kraft und eine verminderte maximale willkürliche Anspannung (vgl. Hassan et al., 2001).

In der vorliegenden Studie wurde überprüft, ob durch Bewegungstherapie und Akupunktur die muskuläre Hemmung vermindert und die Rekrutierung der Muskulatur verbessert werden können. Das Training konnte die Geschwin-

digkeit, den Kraftaufbau (vgl. Reeves et al., 2003) und natürlich die Fähigkeit der Protektion der Knie verbessern (vgl. Hurley, 2003; Marks et al., 2000). EMG- und Kraftparameter sind hoch korreliert. Der klassische Fall ist eine kurvilineare Beziehung, bei der mit ansteigendem Kraftniveau überproportional mehr EMG benötigt wird (vgl. Konrand, 2005). Obwohl sich in der vorliegenden Studie die signifikante Zunahme der Maximalkraft der Knie-Extensoren und -Flexoren zeigte, gab es keine Möglichkeit, die muskuläre Aktivität zu normalisieren. Jedoch konnten die Veränderung der Innervationsstrukturen im Mittelungszyklus im Therapiezeitraum beobachtet werden. In der vorliegenden Studie wurde der Parameter Time to Peak der muskulären Aktivität benutzt, der wichtig zur Quantifizierung von nicht amplitudennormalisierten Mittelungskurven ist, um die Geschwindigkeit der Generation der maximalen muskulären Aktivität zu beschreiben.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten durch die Bewegungstherapie teilweise eine Linksverschiebung der höchsten Innervation und eine frühere oder längere Aktivitätsplateauphase der elektrischen Aktivität der Oberschenkelmuskulatur in allen drei Gruppen bei beiden Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s. Die Muskulatur konnte relativ schnell aktiviert werden und erreichte eine lange oder höhere Innervation im Prozess der Bewegungstherapie. Aber beim Time to Peak der muskulären Aktivität zeigten sich bei der Testgeschwindigkeit 150°/s einige signifikante Unterschiede. Für M. vastus lateralis zeigte sich in Gruppe 1 und Gruppe 3 eine signifikante Abnahme des Time to Peak im Therapiezeitraum, in Gruppe 2 sogar eine Zunahme in der 12. Woche. Anhand der WOMAC-Fragebögen wurde beobachtet, dass am Anfang der Therapie deutlich mehr Schmerzen im Knie in Gruppe 2 als in den Gruppen 1 und 3 empfunden wurde. Begründet werden kann dies, dass die Schmerzzustände eine große Rolle bei der Schnelligkeit der muskulären Rekrutierung spielt. Die Studie von Michelotti et al. (1999) zeigte, dass primär irritierte und schmerzhafte Muskeln eine geringere Bewegungsamplitude besitzen, sich langsamer bewegen und eine verminderte EMG-Aktivität aufweisen.

In der vorliegenden Studie konnte keine Beeinflussung durch Akupunktur auf dem Innervationsmuster der Oberschenkelmuskulatur und dem Parameter Time to Peak beobachtet werden. Somit kann die Hypothese 3 für die Versuchspersonen nicht bestätigt werden. Ebenso kann Hypothese 4 hinsichtlich verschiedener Auswirkungen der unterschiedlichen Anfangszeitpunkte der

Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie anhand der Innervationsmuster der Muskulatur und des Parameters Time to Peak nicht angenommen werden. Vorangegangene Studien haben die Ganganalyse lediglich dazu verwendet, um die Unterschiede der neuromuskulären Reaktion zwischen der Gonarthrose und asymptomatischer Kontrolle zu beobachten. Dabei konnten keine oder nur geringe Veränderungen festgestellt werden (vgl. Hubley-Kozey et al., 2006; Baliunas, 2002; Kaufman, 2001; Teichtahl, 2003). Die komplizierte Natur des sEMG-Signals und die vielen Variablen, die seine Qualität beeinflussen, haben die Frage nach der Nützlichkeit des sEMG-Signals als eines Hilfsmittels zur Erfassung neuromuskulärer Erkrankungen, das in der Klinik laufend angewendet werden kann, aufgeworfen (vgl. Meekins et al., 2008).

In der Literatur finden sich nur wenige Studien (vgl. Ludwig, 2000; Ludwig, 2001a; Toma et al., 1998), welche den Einfluss der Akupunktur auf die myoelektrische Aktivität bei Gesunden oder Patienten beschreiben. In der Studie von Ludwig (2001a) zeigt sich durch Akupunktur eine positive Beeinflussung der Fähigkeit zur motorischen Aktivierung bei Rehapatienten mit vorderer Kreuzbandplastik. Nach tonisierender Stimulierung zweier Akupunkturpunkte (M 32-Futu und M 36-Zusanli) zeigen sich statistisch hochsignifikante Steigerungen der Maximalkraftwerte um 18 % und der myoelektrischen Aktivität um durchschnittlich 46 %. Die Autoren meinen, dass die Akupunktur spontan die hemmenden Einflüsse auf das neuromuskuläre System reduziert und eine deutliche Erhöhung der elektrischen Aktivität der betroffenen Quadrizepsmuskulatur bewirkt. Dadurch kann ein Trainingsreiz durch verstärkte Rekrutierung den Trainingserfolg optimieren. Toma et al. (1998) untersuchen in einer kontrollierten Studie das neuromuskuläre Antwortverhalten der Kniegelenksflexoren mittels simultaner dynamometrischer und elektromyographischer Messungen. Diese Autoren zeigen, dass eine einmalige Stimulation des M. semitendinosus mittels Metallnadel zu einer signifikanten Erhöhung der myoelektrischen Aktivität führt. Hingegen bleiben die dynamometrisch erfassten Parameter unverändert.

In der vorliegenden Studie wurden mehrmalige Akupunkturbehandlungen durchgeführt. Im Gegensatz dazu wird in den Studien von Ludwig (2001) und Toma et al. (1998) nur eine einmalige Sitzung durchgeführt, die eine kurzanhaltende Wirkung zeigt. Bisher gab es noch keine Forschung, um bei regelmäßiger Behandlung eine bleibende Akupunkturwirkung auf das erkrankte System zu überprüfen. Die Veränderung der Innervationsstrukturen im Mitte-

lungszyklus der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass die Bewegungstherapie eine verstärkte Rekrutierung der vorhandenen Muskulatur erreichen konnte. Es kann sein, dass eine Wiederaanpassung an physiologische Bewegungsmuster durch Akupunktur nur kurz angehalten hat. Die Trainierbarkeit der erkrankten Muskulatur sollte mit der Reduzierung der Hemmung durch motorische Aktivierung durch Akupunktur spontan verbessert werden, jedoch konnten sich mehrmalige Akupunkturbehandlungen nicht bleibend auf das erkrankte System auswirken.

#### **5.2.4. Patientenfragebögen (WOMAC und SF-36)**

Die umfassende Beurteilung von Patienten mit einer Gonarthrose sollte einerseits morphologische und funktionelle Organstörungen und andererseits die Erfassung der Krankheitsauswirkungen beinhalten (vgl. Stucki et al., 1996). Der WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthroseindex ist der am weitesten verbreitete Fragebogen zur Erfassung der Arthrose-spezifischen Krankheitsauswirkungen aus Sicht der Patienten. Mit dem WOMAC wird nur die Symptomatik und Funktionseinschränkung in einem definierten Signalgelenk erfasst. Für klinische Studien empfiehlt es sich deshalb, den WOMAC mit einem allgemeinen, nicht krankheitsspezifischen Fragebogen wie dem SF-36 zu ergänzen (vgl. Ware & Sherbourne, 1992).

In der Literatur finden sich zahlreiche Studien zur Verbesserung der Symptomatik, Funktionseinschränkung und Lebensqualität von Gonarthrose-Patienten durch eine Therapie mit Akupunktur oder Bewegungstherapie. Berman et al. (2004) können in einer Studie mit 570 Gonarthrose-Patienten signifikante Verbesserungen der Tätigkeit von der 8. Woche an und eine Verminderung der Schmerzen von der 26. Woche an im Vergleich mit einer Placebo-Gruppe feststellen (WOMAC). Es wird 23 Mal Akupunktur über 26 Wochen durchgeführt. Im Vergleich mit der vorliegenden Studie wurden die Patienten mehrmals mit Akupunktur und in einem längeren Therapiezeitraum behandelt. Jubb et al. (2008) untersuchen die Veränderungen im WOMAC einen Monat nach der Akupunktur und können signifikante Besserungen der Knieschmerzen im Vergleich zur Placebo-Gruppe ermitteln, obwohl es in beiden Gruppen keine Verbesserung bei Steifigkeit und Tätigkeit gibt. Nach einigen Monaten hat die Linderung der Schmerzen nachgelassen. Ebenfalls eine Besserung bei Schmerzen, Steifigkeit und Tätigkeit (WOMAC) sowie der Lebensqualität im Vergleich zur Kontrollgruppe findet sich in einer Studie von Witt et al. (2006), die ebenfalls mit Akupunktur durchgeführt wird.

Für die Bewegungstherapie vergleichen Foley et al. (2003) den Effekt der Hydrotherapie mit dem der Bewegungstherapie an Land und mit einer Kontrollgruppe. Die Patienten sind durchschnittlich 70 Jahre alt und haben Arthrose der Knie oder der Hüfte. Das Trainingsprogramm dauert 6 Wochen und jede Sitzung 30 Minuten. Muskelkraft des Quadriceps femoris, Ganggeschwindigkeit (6-Minuten-Gehtest), Tätigkeit und Schmerzen (WOMAC) sowie Lebensqualität (SF-12) werden bewertet und zeigen für beide Bewegungstherapieformen eine Linderung der Schmerzen und eine Verbesserung der Tätigkeit und Lebensqualität. Deyle et al. (2005) vergleichen in ihrer Studie die Ergebnisse zwischen einer physikalischen Therapie als Programm zu Hause und einem klinischen physikalischen Therapieprogramm. Beide Gruppen verbessern sich nach 4 Wochen und 8 Wochen, sogar bis zu einem Jahr, besonders in der klinischen Behandlungsgruppe werden mehrere Verbesserungen im WOMAC-Score erreicht.

Wie oben gezeigt wurde, kann Einzeltherapie mit Akupunktur oder Bewegungstherapie die Schmerzen lindern sowie Steifigkeit und Tätigkeit verbessern. In der vorliegenden Studie zeigten sich die gleichen Ergebnisse, nämlich eine signifikante Linderung der Schmerzen und eine Verbesserung der Steifigkeit und der Tätigkeit in der Gesamtgruppe ab der 6. Woche im laufenden Therapiezeitraum. Der positive Therapieeffekt blieb sogar über 12 Wochen erhalten (WOMAC). Im SF-36 wurde eine ähnliche positive Veränderung beobachtet, welche die Items „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Rollenfunktion“ ab der 12. Woche im Verlauf des Therapiezeitraums signifikant betrafen. Sogar in den folgenden zwölf Wochen ließ sich ein länger andauernder signifikanter Behandlungseffekt in der Gesamtgruppe nachweisen. Im SF-36 zeigte sich, dass das Item „Körperliche Schmerzen“ durch die Akupunktur als zusätzliche Therapieform zur Bewegungstherapie signifikant gelindert werden konnte. In einer ähnlichen Studie (Foster 2007) sind die Probanden in den Gonarthrosegruppen über 50 Jahre alt und es werden die Effekte der kombinierten Therapie mit Akupunktur und Bewegungstherapie mit Schein-Akupunktur und Bewegungstherapie sowie einer Kontrollgruppe verglichen. In dieser Studie von Foster (2007) hat sich auch im WOMAC gezeigt, dass die zusätzliche Therapie der Akupunktur im Ablauf der Beratung und Bewegungstherapie keine zusätzliche Verbesserung der Schmerzpunkte in WOMAC brachte, wobei allerdings kein SF-36 durchgeführt wurde.

Gonarthrose ist eine Hauptursache von Schmerzen und funktionaler Schädigung (vgl. Dillon et al., 2006; Guccione et al., 1994; Lawrence et al., 1998). Die Schwäche des Quadrizeps bei Gonarthrose-Patienten (vgl. Hurley et al., 1997; Lewek et al., 2004; Slemenda et al., 1997) ist stark mit Schmerzen verbunden und ist ein wichtiger bestimmender Faktor der Behinderung (vgl. Oreilly et al., 1998). Beschrieben wird eine reflektorische Inhibition des Muskels mit verminderter willkürlicher Muskelaktivierung bei Gelenkschädigung („arthrogenous muscle weakness“) unterhalb der Schmerzwahrnehmung (vgl. Shakespeare et al., 1985). Deswegen hat Schmerzlinderung durch Akupunktur und Bewegungstherapie große Bedeutung in der Behandlung der Arthrose. Für das Alltagsleben ist es auch wichtig, ohne oder mit wenig Schmerzen zu leben. Personen mit konstanten Schmerzen leiden wahrscheinlich viermal mehr an Depressionen oder an Beunruhigung als Personen ohne Schmerzen und haben mehr als zweimal so oft Schwierigkeiten zu arbeiten (vgl. Gureje et al., 1998). Schmerz wird weithin als einer der wichtigsten die Lebensqualität bestimmenden Faktoren akzeptiert (vgl. Rummans et al., 1998; Anderson et al., 1999).

In Rahmen der erwarteten Verbesserungen der subjektiven Beschwerden wurde in Hypothese 1 und 4 eine Schmerzlinderung gemäß SF-36 durch die Intervention der Akupunktur angenommen. In der vorliegenden Studie zeigte sich bei SF-36, je früher in der Bewegungstherapie mit Akupunktur begonnen wurde, desto besser war die Schmerzlinderung. In jedem Fall war die Schmerzlinderung größer als bei ausschließlicher Bewegungstherapie. Obwohl Gruppe 2 zum Messzeitpunkt 0. Woche signifikant mehr Schmerzen aufwies als Gruppe 1, wurden „körperliche Schmerzen“ der Gruppe 2 von der 0. Woche bis zur 6. und 12. Woche signifikant gelindert. In Gruppe 3 wurde eine signifikante Linderung der Schmerzen bis zur 12. Woche erreicht. Gruppe 1 zeigte keine signifikante Linderung der Schmerzen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass sich die Schmerzlinderung durch Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie verstärkt hat. Dagegen zeigten die Ergebnisse in WOMAC auf, dass Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie zu keiner signifikant verstärkten Schmerzlinderung führte.

Zurzeit werden die Wirkmechanismen der Akupunktur mit all ihren teils recht widersprüchlichen neurophysiologischen, neuroendokrinen und immunologischen Details dargestellt. Zur Schmerzlinderung existieren zahlreiche Grundlagenforschungen. Darin wird festgestellt, dass Schmerzlinderung durch

Akupunktur über periphere Gefäßregulation, endogene opioid- und nicht-opioidvermittelte Akupunkturanalgesie sowie segmentale und heterosegmentale Inhibition auf spinaler Ebene bewirkt wird. Anhand der Ergebnisse in der vorliegenden Studie führte die Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie zu keiner signifikant verstärkten Schmerzlinderung (in WOMAC). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass Akupunktur eine kurzfristige analgetische Wirkung hat und es deshalb möglicherweise durch die Akupunktur zu einer psychisch entspannenden Wirkung gekommen ist. Dies könnte zusätzlich die Schmerzlinderung gemäß SF-36 bewirkt haben.

Der SF-36 unterscheidet besser zwischen den unterschiedlichen Ebenen der selbst berichteten Gesundheitssituation und der Komorbidität. Der WOMAC unterscheidet besser zwischen unterschiedlichen Knieproblemen. Unter Akupunktur stellt sich in mehreren Sitzungen zunehmend eine psychische Stabilisierung, eine Erhöhung der Schmerzschwelle und Schmerztoleranz ein (vgl. Bachmann, 2000). Darüber hinaus lindert insbesondere früh begonnene Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie körperliche Schmerzen in selbst berichteten Gesundheitszuständen.

#### **5.2.5. Limitation**

Um den langfristigen Effekt der Therapie zu evaluieren, sollten zukünftige Studien die langfristigen Effekte der Kombinationstherapie bei Gonarthrose beobachten und Funktionsuntersuchungen wie z. B. Ganganalyse und quantitative Beurteilung der Kniepropriozeption beinhalten, um die Therapiewirksamkeit nach funktionalen Gesichtspunkten zu beobachten, da es für ältere Patienten mit fortgeschrittener Gonarthrose wichtiger ist, die Funktion der Knie zu verbessern als eine Zunahme der Kraft zu erzielen.

Aufgrund der geringen Anzahl von Stichproben sind die statistischen Aussagen des motorischen Analyse-Befunds niedrig. Um „Type-II“-Fehler der Ergebnisse zu verhindern, sollten zukünftige Studien eine größere Gesamtprobe anwenden. Die vorliegende Studie war kein Versuch, Aspekte der Kniearthrose zu kategorisieren, wie zum Beispiel die Dauer oder die Ebene der Symptome. Erst eine große Studie mit noch sensibleren Untersuchungsmethoden wie z. B. Ganganalyse und besonders bei Untergruppen der Gonarthrose zur speziellen Wirksamkeit der Akupunktur könnte eine komplette Evidenz der Validität der Kombinationstherapie zeigen. Wenn eine Beeinträchtigung der biomechanischen Parameter und Elektromyographie der spezifischen Untergruppen der Gonarthrose aufgedeckt werden können, hätte

dies als ein Hinweis für eine individuelle Therapiekonzeption verwendet werden können.

### **5.3. Zusammenfassung der Diskussion**

In Akupunkturstudien wird Scheinakupunktur angewandt, um den Placebo-Effekt zu überprüfen. Allerdings ist zu fragen, ob Scheinakupunktur tatsächlich ein inaktives Placebo ist. Man kann den Placebo-Effekt in der vorliegenden Studie nicht nachweisen. Die spezifischen Effekte der Akupunktur konnten nicht geprüft werden, sondern es konnte lediglich geklärt werden, ob die Kombinationstherapie aus Bewegungstherapie und Akupunktur besser als Bewegungstherapie alleine wirkt. Um eine optimale, effektive Akupunktur zu bewirken, werden einige Variablen (Tiefe der Nadelung, Retention, Stimulation, Selektion der Punkte, Anzahl und Häufigkeit der Sitzungen) in der Behandlung berücksichtigt.

Im Vergleich mit vielen Ausdauertests, z. B. dem 6-Minuten-Gehtest, dem Ausdauer-Test bei der Fahrradergometrie und dem 2-km-Walking-Test, hat der Gehtest auf dem Laufband viele Vorteile, die eine standardisierte Belastungssteigerung bis zur subjektiven Ausbelastung des Patienten bei gleichzeitiger dauerhafter Überwachung ermöglichen. In der vorliegenden Studie wurden die Belastungsprotokolle von Verdonck et al. (2003) für Walking-Tests auf dem Laufband verwendet, um die Ausdauerfähigkeit zu erfassen.

In der Literatur zeigt sich, dass die allgemeine Ausdauerfähigkeit für Leistungssportler durch Akupunktur verbessert werden kann. Aber es liegen noch keine Ergebnisse vor, dass Akupunktur die Ausdauerfähigkeit der Patienten beeinflusst. In der vorliegenden Studie haben die Ergebnisse ergeben, dass die Akupunktur als zusätzliche Therapie zur Bewegungstherapie die allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit bei Gonarthrose nicht verbessern konnte. Die Ursache hierfür ist möglicherweise, dass keine spezifischen Akupunkturpunkte ausgewählt wurden, die auf das kardiovaskuläre System wirken. Es kann auch sein, dass die Akupunktur eine spontane Wirkung auf die Ausdauerleistungsfähigkeit hat. Die Auswirkung der Akupunktur auf die Ausdauerleistungsfähigkeit war bereits eine Woche nach der Akupunkturbehandlung reduziert.

Zum Krafttraining wurde ein gerätegestütztes Krafttrainingsprogramm verwendet. Die Hydrotherapie hat mehr Möglichkeiten, unter höherer Intensität als an Land zu trainieren. Für Patienten besteht jedoch die Gefahr, dass sich

die Akupunkturpunkte wegen des Trainings im Wasser entzünden. Außerdem kann das Krafttraining an Land die Muskelkraft besser als im Wasser verbessern.

In der vorliegenden Studie zeigten die Ergebnisse eine Zunahme der Maximalkraft der Oberschenkelmuskulatur während oder nach dem Training. Aber die Zunahme der isokinetischen Kraft wurde durch die zusätzliche Behandlung mit Akupunktur nicht beeinflusst. In der Literatur wird die Auswirkung der Akupunktur nur in einigen Untersuchungen unter biomechanischen Gesichtspunkten für Gesunde oder Patientengruppen betrachtet und zeigt eine statistisch hochsignifikante Steigerung der Maximalkraftwerte nach Akupunktur. Eine mögliche Ursache ist, dass das rehabilitative Krafttraining durch die Reduzierung der Hemmung des neuromuskulären Systems unter einer Wiederanpassung an physiologische Bewegungsmuster durchgeführt wird. In der vorliegenden Studie konnte die Akupunkturbehandlung keine lang anhaltende Auswirkung erzielen, weil die Hemmung der motorischen Aktivierung nur spontan reduziert wird. Besonders wegen der Unterschiede bei der Trainierbarkeit der Gruppen zeigte Gruppe 3 in der vorliegenden Studie eine deutlichere Verbesserung der Kniefunktion der Flexoren als andere Gruppen.

Obwohl sich in der vorliegenden Studie signifikante Zunahmen der Maximalkraft der Knieextensoren und -flexoren zeigten, gab es keine Möglichkeit, die muskuläre Aktivität für Gonarthrose-Patienten zu normalisieren und die Veränderungen der elektrischen Aktivität der drei Messzeitpunkte zu vergleichen. Es bestand eine sehr hohe Test-Standardisierungsebene bei der EMG-Messung an den isokinetischen Geräten. Die EMG-Daten wurden unnormalisiert belassen und ließen sich mikrovoltskalieren. Durch qualitative Beschreibungen wurde das Kurvenverhalten der Gruppenmittelungskurve analysiert und interpretiert. Der Parameter Time to Peak der muskulären Aktivität ist wichtig zur Quantifizierung von nicht amplitudennormalisierten Mittelungskurven. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass die Muskulatur relativ schnell aktiviert werden konnte und eine lange oder höhere Innervation im Prozess der Bewegungstherapie erreichte. Es konnte jedoch keine Einflussnahme der Akupunktur auf das Innervationsmuster der Oberschenkelmuskulatur und den Parameter Time to Peak bewiesen werden.

Nur in einigen Studien wird der Einfluss der Akupunktur auf die myoelektrische Aktivität beschrieben, bei dem eine einmalige Stimulation der Oberschenkel-

muskulatur zu einer signifikanten Erhöhung der myoelektrischen Aktivität führte. Die Akupunktur reduziert spontan die hemmenden Einflüsse auf das neuromuskuläre System. In der vorliegenden Studie hat die Veränderung der Innervationsstrukturen im Mittelungszyklus gezeigt, dass die Bewegungstherapie eine verstärkte Rekrutierung der vorhandenen Muskulatur erreichen konnte. Mehrmalige Akupunkturbehandlungen konnten sich jedoch nicht bleibend auf das erkrankte System auswirken. In Bezug auf den Time to Peak der muskulären Aktivität zeigten sich bei der Testgeschwindigkeit 150°/s einige signifikante Unterschiede. Für M. vastus lateralis zeigte sich in Gruppe 1 und Gruppe 3 eine signifikante Abnahme des Time to Peak, aber in Gruppe 2 sogar eine Zunahme im Therapiezeitraum. Möglicherweise spielen Schmerzzustände eine große Rolle in Bezug auf die Schnelligkeit der muskulären Rekrutierung.

Die unterschiedlichen Studien zeigen, dass es gilt, für jeden Patienten den eigenen Normwert im Verhältnis des maximalen Drehmomentwertes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren zu finden. In der vorliegenden Studie zeigte sich im Verlauf der Therapie in drei Gruppen kein signifikanter Unterschied für die Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s. Bei Gonarthrose gibt es keine Unausgewogenheit der Muskulatur, sondern den gleichen Kraftverlust bei Knieextension und Knieflexion.

In der vorliegenden Studie zeigte sich der positive Effekt der Bewegungstherapie. Mit den Ergebnissen lässt sich jedoch keine positive Beeinflussung durch Akupunktur mit Ausnahme des Items „Körperliche Schmerzen“ im SF-36 nachweisen. Im SF-36 wurde eine entsprechende Beeinflussung durch Akupunktur beobachtet. Es ergab sich jedoch zwischen SF-36 und WOMAC abweichende Ergebnisse bezüglich empfundener Schmerzen. WOMAC wurde speziell für Patienten mit Arthrose der Knie und Hüfte entwickelt. Dahingegen zielt der SF-36 auf alle Konstitutionen. Darüber hinaus hat Akupunktur möglicherweise eine kurzfristige analgetische Wirkung. Die sekundäre und generalisierte Folgewirkung der Akupunktur ist durch eine psychisch entspannende Wirkung entstanden. Dies könnte zusätzlich Schmerzlinderung im SF-36 bewirkt haben. Unter mehrmaliger Akupunktur stellt sich eine zunehmende psychische Stabilisierung, eine Erhöhung der Schmerzschwelle und Schmerztoleranz ein. Darüber hinaus wurde nachgewiesen, dass Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie zumindest den Gesundheitszustand in Bezug auf körperliche Schmerzen verbessern kann.

Die Ergebnisse der Studie weisen insgesamt deutlich darauf hin, dass durch Akupunktur keine positive Beeinflussung der funktionellen Fähigkeiten zu erreichen war. Somit können die Hypothesen 2 und 3 nicht bestätigt werden. Es konnte aber bei den Patienten mit Gonarthrose die durch Akupunktur erwartete Schmerzlinderung im SF-36 erwiesen werden. In der vorliegenden Studie war eine Linderung subjektiver Beschwerden durch körperliche Schmerzen möglich. Insbesondere lindert früh begonnene Akupunktur körperliche Schmerzen in der Bewegungstherapie. Demzufolge sind die Hypothesen 1 und Hypothesen 4 nur anhand des Items „körperliche Schmerzen“ im SF-36 in der Studie zu bestätigen.

Zukünftige Studien sollten langfristige Effekte der Kombinationstherapie bei Gonarthrose beobachten und Funktionsuntersuchungen, wie z. B. Ganganalyse und quantitatives Assessment der Knie-Propriozeption, beinhalten. Weiter sollten Untersuchungen auf einer größeren Gesamtprobengröße basieren und Aspekte der Kniearthrose kategorisieren, wie zum Beispiel die Dauer oder die Ebene des Symptoms.

## 6. Zusammenfassung

Die Gonarthrose ist eine degenerative Gelenkerkrankung, die mit zunehmendem Alter auftritt. Da bislang keine kausale Therapie für Arthrose existiert, sollte man solange wie möglich versuchen, die Krankheitsprogression aufzuhalten oder zumindest zu verzögern. Hierbei können konservative Therapien, z. B. Akupunktur, Bewegungstherapie, Physiotherapie oder medikamentöse Therapie, einen entscheidenden Beitrag leisten.

Besonders Akupunktur und Bewegungstherapie werden seit Jahren mit gutem Erfolg eingesetzt. Bewegungstherapie kann einen positiven Effekt hinsichtlich der Symptomatik und der Verbesserung der Funktion der Gelenke bewirken. Die Akupunktur zeigt nicht nur eine positive Auswirkung in der Schmerztherapie, sondern auch unter dem biomechanischen Aspekt eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Leistungssportlern und eine signifikante Steigerung der Maximalkraft und der myoelektrischen Aktivität der betroffenen Quadrizepsmuskulatur nach einmaliger Akupunktur. Bisher sind mögliche Effekte einer Kombinationstherapie (Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie) auf die körperliche Leistungsfähigkeit bei Gonarthrose-Patienten noch nicht bekannt.

Gegenstand dieser Arbeit war die Validierung einer Kombinationstherapie aus Akupunktur und Bewegungstherapie zur Verbesserung der subjektiven Beschwerden sowie die Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit, wie sie z. B. im Rahmen von Ausdauerleistungsfähigkeit, Muskelkraft und neuromuskulärer Ansteuerung bei Kombinationstherapie auftreten.

In der vorliegenden Studie wurden 51 Probanden untersucht, die nach Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt wurden. Die Studie wurde von drei Probanden wegen einer Erkrankung und aus zeitlichen Gründen frühzeitig abgebrochen.

Die Teilnehmer wurden in zwei Kombinationstherapie-Gruppen und eine Bewegungstherapie-Gruppe aufgeteilt. Die Bewegungstherapie-Gruppe (Gruppe 1) trainierte zweimal pro Woche. In jeder Trainingseinheit wurde folgende Reihenfolge durchgeführt: Aufwärmen, Dehnungsübungen, Koordination und Gleichgewichtstraining, Muskelkrafttraining und Ausdauertraining. Die zwei Kombinationstherapie-Gruppen (Gruppe 2 und Gruppe 3) nahmen auch an der gleichen zwölfwöchigen Bewegungstherapie sowie zusätzlich an einer

Akupunkturbehandlung teil. In Gruppe 2 wurde die Nadelakupunktur ab der ersten Woche und in Gruppe 3 ab der siebten Woche des Therapiezeitraums durchgeführt. Die Auswahl der Akupunkturpunkte orientierte sich an dem zu behandelnden Krankheitsbild und den Symptomen. Es erfolgten zweimal pro Woche zehn Einzelbehandlungen, die innerhalb von fünf Wochen unmittelbar vor dem Training durchgeführt wurden.

Darüber hinaus wurde die Ausdauerleistungsfähigkeit mittels eines Gehtests auf dem Laufband sowie isokinetischer Maximalkraftmessung und neuromuskulärer Ansteuerung der Muskulatur (EMG-Messung) der Oberschenkel bei allen Studienteilnehmern vor der Behandlung sowie nach sechs und zwölf Wochen Bewegungstherapie erfasst. Die Teilnehmer wurden mittels der Fragebögen WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities)-Arthroseindex und SF-36 zu den Messzeitpunkten 0. Woche, 6. Woche und 12. Woche sowie zur weiteren Verfolgung zwölf Wochen nach Ende der Bewegungstherapie befragt.

In der Auswertung zeigte sich, dass die allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit durch die Bewegungstherapie verbessert wurde. Allerdings konnte die Hypothese, dass Akupunktur als zusätzliche Therapie in Verbindung mit Bewegungstherapie die Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant verbessern kann, nicht belegt werden. Spezifische Akupunkturpunkte des kardiovaskulären Systems wurden aber nicht ausgewählt. Möglicherweise hat die Akupunktur nur eine spontane Auswirkung auf die Ausdauerfähigkeit.

Des Weiteren konnte mit dem Untersuchungsansatz nicht gezeigt werden, inwieweit sich die biomechanische Leistungsfähigkeit der knieumgebenden Muskulatur durch die Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie verändert hat. In der vorliegenden Studie wurde eine EMG-Messung gleichzeitig mit einer isokinetischen Maximalkraftmessung durchgeführt. Zur Erhebung der Muskelkraft und des neuromuskulären Ansteuerungsverhaltens wurde jeweils mit dem Test- und Trainingsgerät „Biodex Medical System 2“ eine isokinetische Überprüfung der Knieextensoren und -flexoren bei 60°/s (fünf Wiederholungen) und 150°/s (zehn Wiederholungen) durchgeführt.

Die gewählte Bewegungstherapie konnte die Maximalkraft der Extensoren und Flexoren sowie der Gesamtarbeit der Extensoren der Oberschenkelmuskulatur während oder nach dem Training bei den Testgeschwindigkeiten 60°/s und 150°/s signifikant steigern. Hinsichtlich der Gesamtarbeit der Knieflexion

zeigte sich in Gruppe 3 eine bessere Wirkung ( $p < 0,05$ ) bei den Testgeschwindigkeiten  $60^\circ/s$  und  $150^\circ/s$  als in Gruppe 2 oder Gruppe 1 zu den Messzeitpunkten 6. oder 12. Woche. Dieses Ergebnis lässt sich vermutlich dadurch begründen, dass die Akupunkturpunkte der vorderen Oberschenkel ausgewählt wurden. Möglicherweise hat die Akupunkturbehandlung nur wenig Einfluss auf die Muskulatur der hinteren Oberschenkel. Darüber hinaus zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Kniefunktion der Flexoren in Gruppe 3. Ein Grund hierfür kann die unterschiedliche Zusammensetzung der Testgruppe sein.

Zwischen den Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied des Verhältnisses des maximalen Drehmomentwerts der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren bei den Testgeschwindigkeiten  $60^\circ/s$  und  $150^\circ/s$  im Verlauf der Therapie festgestellt werden. Bei Gonarthrose gab es keine Unausgewogenheit der Muskulatur, sondern identischen Kraftverlust bei Knieextension und -flexion.

Da es in der vorliegenden Studie keine Möglichkeit zur MVC-Amplituden-normalisierung der muskulären Aktivität gab, wurden qualitative Analysen des Kurvenverhaltens der Gruppenmittelungskurve beschrieben. Die gewählte Bewegungstherapie konnte die Muskulatur relativ schnell aktivieren und eine lange oder höhere Innervation im Prozess der Bewegungstherapie erreichen. Ergebnisse für den Parameter „Time to Peak“ zeigten, dass die Schmerzzustände eine große Rolle bei der Schnelligkeit der muskulären Rekrutierung spielten. Es ist zu vermuten, dass durch mehr Schmerzen im Knie zu Beginn der Therapie bei Gruppe 2 der Parameter „Time to Peak“ bei der Testgeschwindigkeit  $150^\circ/s$  für M. vastus lateralis zunahm und im Gegensatz dazu bei Gruppe 1 und Gruppe 3 ( $p < 0,05$  bei Gruppe 3 und  $p < 0,01$  bei Gruppe 1) signifikant abnahm.

In Verlauf der Bewegungstherapie wurden die Innervationsstrukturen im Mittelungszyklus verändert. Die Bewegungstherapie konnte eine verstärkte Rekrutierung der vorhandenen Muskulatur erreichen, während die Akupunktur keine Veränderung der Innervationsstrukturen bewirkte. Möglicherweise reduziert die Akupunktur nur spontan die hemmenden Einflüsse auf das neuromuskuläre System. Mehrmalige Akupunkturbehandlungen konnten sich nicht bleibend auf das erkrankte System auswirken, sondern nur ein rehabilitatives Krafttraining auf Basis physiologischer Bewegungsmuster forcieren.

Die Ergebnisse der WOMAC-Fragebögen wiesen auf eine signifikante Linderung der Schmerzen sowie eine Verbesserung der Beweglichkeit und der Alltagsaktivität ab der 6. Woche des Therapiezeitraums hin. Allerdings kann eine positive Beeinflussung durch Akupunktur nicht nachgewiesen werden. Im SF-36 wurde ebenfalls eine ähnlich positive Veränderung beobachtet, welche die Items „Körperliche Funktionsfähigkeit“ und „Körperliche Rollenfunktion“ ab der 12. Woche des Therapiezeitraums in der Gesamtgruppe signifikant betraf. Eine Beeinflussung durch die Akupunktur, die als eine zusätzliche Therapieform zur Bewegungstherapie eingesetzt wurde, konnte jedoch im SF-36 nur hinsichtlich des Items „Körperliche Schmerzen“ gezeigt werden.

Die im Rahmen der Studie gewonnenen Ergebnisse des Fragebogens SF-36 bestätigen die Hypothese, dass insbesondere früh begonnene Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie körperliche Schmerzen lindern kann. Dagegen wiesen die Ergebnisse in WOMAC auf, dass Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie zu keiner signifikant verstärkten Schmerzlinderung führte.

SF-36 und WOMAC ergaben unterschiedliche Ergebnisse in Bezug auf Schmerzen. Möglicherweise hat Akupunktur eine kurzfristige analgetische Wirkung und nach der mit SF-36 festgestellten Schmerzlinderung könnte es durch die Akupunktur zusätzlich zu einer psychisch entspannenden Wirkung gekommen sein.

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen insgesamt erkennen, dass die Bewegungstherapie nicht nur biomechanisch nachweisbare Verbesserungen, sondern auch eine Minderung der subjektiv erfahrenen Beschwerden erzielen konnte. Die Akupunktur als zusätzliche Therapie hat keine lang anhaltenden Auswirkungen auf die Erhöhung der Funktionsfähigkeit bei der Bewegungstherapie. Früh begonnene Akupunktur in Verbindung mit Bewegungstherapie konnte aber die körperlichen Schmerzen lindern.

In zukünftigen Studien sollten die Funktionsuntersuchungen wie z. B. Ganganalyse und Winkelreproduktionstest der kniepropriozeptiven Fähigkeiten durchgeführt werden sowie die spezielle Wirksamkeit der Akupunktur bei Untergruppen der Gonarthrose unter biomechanischen Aspekten dargestellt werden, um eine individuelle Therapiekonzeption aufbauen zu können.

## 7. Literaturverzeichnis

Ageberg, E.; Link, A.; Roos, E.M. (2010): Feasibility of neuromuscular training in patients with severe hip or knee OA: the individualized goal-based NEMEX-TJR training program. *BMC Musculoskelet Disord.* Jun 17; 11: 126.

Altman, R. D. (1987): Criteria for the classification of osteoarthritis of the knee and hip. *Scand J. Rheumatol. Suppl.*, 65: 31–39.

Anderson, R. B.; Hollenberg, N. K.; Williams, G. H. (1999): Physical Symptoms Distress Index: a sensitive tool to evaluate the impact of pharmacological agents on quality of life. *Arch. Intern. Med.*, 159: 693–700.

Bachmann, J. (2000) *Akupunktur am Bewegungssystem*, Stuttgart; New York: Enke im Thieme-Verl.

Bäcker, M.; Dobos, G. J. (2006): Psychophysiologische Wirkmechanismen von Akupunktur in der Behandlung von Schmerzen. *Dt. Ztschr. F. Akup.*, 49 (3): 6–17.

Bäcker, M.; Hammes, M. (2005): *Akupunktur in der Schmerztherapie*. Urban & Fischer, München.

Bäcker, M.; Tao, I.; Dobos, G. J. (2006): Akupunktur-quo vadis? *Dtsch. Med. Wochenschr.*, 131 (10): 506–511.

Baliunas, A. J. (2002): Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 10 (7): 573–579.

Baltzopoulos, V. (1995): Muscular and tibiofemoral joint forces during isokinetic concentric knee extension. *Clinical Biomechanics*, 10 (4), 208–214.

Bartonietz, K. (1996): Isokinetik in der Leistungsdiagnostik - ein Überblick. *Leistungssport*, (1): 5–12.

Basmajian, J. V.; De Luca, C. J. (1985): *Muscles Alive, their Functions Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkins, Baltimore.

Berman, B. M.; Lao, L.; Langenberg, P. Et al. (2004): Effectiveness of acupuncture as adjunctive therapy in osteoarthritis of the knee: a randomized, controlled trial. *Ann. Intern. Med.*, Dec 21; 141 (12): 901–910.

- Berman, B.M.; Lao, L.X.; Greene, M. et al. (1995): Efficacy of traditional Chinese acupuncture in the treatment of symptomatic knee osteoarthritis: a pilot study. *Osteoarthritis and Cartilage*. 3: 139–142.
- Beyer, W. F. (2003): Die Rolle der Muskulatur in der Manuellen Medizin. *Manuelle Medizin*, 41 (4): 264–267.
- Beyer, W. F. (2003): Die Rolle der Muskulatur in der Manuellen Medizin. *Manulle Medizin*, 41 (4): 264–267.
- Birch, S. J.; Felt, R. L. (1999): Cultural influences on acupuncture treatment. In: *Understanding Acupuncture*. Edinburgh, Scotland: Churchill Livingstone. 256–259.
- Bombardier, C.; Melfi, C. A.; Paul, J. et al. (1995): Comparison of a generic and a disease-specific measure of pain and physical function after knee replacement surgery. *Med. Care.*, April; 33 (4 Suppl): AS131–144.
- Bös, K. (1994): *Handbuch für Walking: schnelle Schritte zu einer gesunden Lebensweise*. Aachen: Meyer und Meyer, 100–104.
- Brady, S.; Mayer, T.; Gatchel, R. J. (1994): Physical Progress and Residual Impairment Quantification After Functional Restoration. *Spine*, 19 (4): 395–400.
- Brandt, K. D.; Heilman, D. K.; Slemenda, C. et al. (1999): Quadriceps strength in woman with radiographically progressive osteoarthritis of the knee and those with stable radiographic changes. *J .Rheumatol.*, 26: 2431–2437.
- Brandt, K. D.; Heilman, D. K.; Slemenda, C. et al. (2000): comparison of lower extremity muscle strength, obesity, and depression scores in elderly subjects with knee pain with and without radiographic evidence of knee osteoarthritis. *J. Rheumatol.*, Aug; 27 (8): 1937–1946.
- Bühl, A. (2006): *SPSS 14-Einführung in die moderne Datenanalyse*. (10. Auflage) München: Ein Imprint von Pearson Education.
- Bullinger, M.; Kirchberger, I. (1998): *Der SF-36-Fragebogen zum Gesundheitszustand*. Handbuch für die deutschsprachige Fragebogenversion. Stuttgart: Hogreve, 66.
- Bullock, M. L.; Pheley, A. M.; Kiresuk, T. J. et al. (1997): Characteristics and complaints of patients seeking therapy at a hospital-based alternative medicine. *J.Altern.Complement. Med.*, 1: 31–37.

Cardus, D.; Spencer, W. A. (1967): Recovery time of heart frequency in healthy men: its relation to age and physical condition. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 48: 71–77.

Carrière, B. (1999) *Der große Ball in der Physiotherapie Theorie und Anwendung in Klinik und Praxis*. Berlin:Springer.

Christensen, B. V.; Luhl, I. V.; Vilbeck, H. et al. (1992): Acupuncture treatment of severe knee osteoarthritis: A long-term study. *Acta Anaesthesiol. Scand.*, 36: 518–525.

Clarys, J. P.; Cabri, J. (1993): Elektromyographie and the study of sports movements: A review. *Journal of Sports Sciences*, 11: 379–448.

Clauß, G.; Finye, F. R.; Partysch, L. (2004): *Statistik Grundlagen-Für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner (5. Auflage)* Verlag Harri Deutsch Frankfurt am Main, 2004.

Cole, B. J.; Harner, C. D. (1999): Degenerative arthritis of the knee in active patients: evaluation and management. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, 7 (6): 389–402.

Coleman, E.A.; Buchner, D.M.; Cress, M.E. et al. (1996): The relationship of joint symptoms with exercise performance in older adults. *J. Am. Geriatr. Soc.* 44(1):14–21.

Darr, K. C.; Bassett, D. R.; Morgan, B. J. et al. (1988): Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am. J. Physiol.*, 254: H 340–343.

David, J.; Modi, S. (1998): Chronic neck pain: a comparison of acupuncture treatment and Physiotherapy. *Br. J. Rheumatol.*, 37: 1118.

David, T.; Felson, M. D. (2004): An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis *Radiol Clin. North. Am.*, 42 (1): 1–9.

Davies, G. J. (1992): *A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*. 4th ed Onalaka: S&S Publishers.

De Luca, C. J. (1997): The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13 (2): 135–163.

De Serres, S. J.; Enoka, R. M. (1998): Older adults can maximally activate the biceps brachii muscle by voluntary command. *J. Appl. Physiol.*, 84 (1): 28&91.

Deyle, G. D.; Allison, S. C.; Matekel, R. L. et al (2005): Physical therapy treatment effectiveness for osteoarthritis of the knee: a randomized comparison of supervised

clinical exercise and manual therapy procedures versus a home exercise program. *Phys. Ther.*, Dec; 85 (12): 1301–1317.

Diaz, L. A.; Brunken, R. C.; Blackstone, E. H. et al. (2001): Independent contribution of myocardial perfusion defects to exercise capacity and heart rate recovery for prediction of all-cause mortality in patients with known or suspected coronary heart disease. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 37: 1558–1564.

Dillon, C. F.; Rasch, E. K.; Gu, Q. et al. (2006): Prevalence of knee osteoarthritis in the United States: arthritis data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey 1991–94. *J. Rheumatol.*, 33: 2271–2279.

Dvir, Z. (2004): *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical applications*. Churchill Livingstone, London/Singapore.

Eichardt, R. (2007): *Arbeitsunterlagen zum Laborversuch Oberflächen-elektromyographie*. Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung, Institut für Biomedizinische Technik und Informatik.

Endres, H. G.; Victor, N.; Haake, M. et al. (2007) Akupunktur bei chronischen Knie- und Rückenschmerzen. *Dtsch. Arztebl.*, 104: A-123/B-113/C-109.

Engelhardt, M. (2003): Epidemiologie der Arthrose in Westeuropa. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (6): 171–175.

Ettinger, W. H.; Burns, R.; Messier, S. P. et al. (1997): A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *JAMA*. Jan 1; 277 (1): 64–66.

Ezzo, J.; Hadhazy, V.; Birch, S. et al. (2001): Acupuncture for osteoarthritis of the knee: a systematic review. *Arthritis Rheum.*, 44: 819–825.

Felder, H.; Deubel, G.; Merkel, M. (1998): *Ambulante Rehabilitation. Physiotherapie-Physikalische Therapie –Medizinische Trainingstherapie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

Felson, D. T. (2004): An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis. *Radiol. Clin. North. Am.*, 42 (1): 1–9.

Felson, D. T. (2006): Clinical practice. Osteoarthritis of the knee. *N. Engl. J. Med.*, Feb 23; 354 (8): 841–848.

Felson, D. T.; Zhang, Y.; Anthony, J. M. et al. (1992): Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study. *Ann. Intern. Med.*, 116 (7): 535–539.

Fische, N. M.; White, S. C. (1997): Muscle function and gait in patients with knee osteoarthritis before and after muscle rehabilitation. *Disabil. Rehabil.*, 19: 47–55.

Focht, B.C.; Ewing, V.; Gauvin, L. et al. (2002): The unique and transient impact of acute exercise on pain perception in older, overweight, or obese adults with knee osteoarthritis. *Ann. Behav. Med.* 24 (3): 201–210.

Foley, A.; Halbert, J.; Hewitt, T. et al. (2003): Does hydrotherapy improve strength and physical function in patients with osteoarthritis- a randomized controlled trial comparing a gym based and a hydrotherapy based strengthening programme. *Ann. Rheum. Dis.*, 62: 1162–1167.

Foley, A.; Halbert, J.; Hewitt, T. et al. (2003): Does hydrotherapy improve strength and physical function in patients with osteoarthritis? A randomized controlled trial comparing a gym based and hydrotherapy based strengthening programme. *Ann. Rheum. Dis.*, 62: 1162–1167.

Foster, N. E.; Thomas, E.; Barlas, P. et al. (2007): Acupuncture as an adjunct to exercise based physiotherapy for osteoarthritis of the knee: randomised controlled trial. *BMJ.*, Sep 1;335 (7617): 436.

Freiwald, J.; Baumgart, C.; Konrad, P. (2007): Einführung in die Elektromyographie: Sport, Prävention, Rehabilitation. Balingen: Spitta, 50.

Froböse, I. ; Hardelauf, U. (1993): Sporttherapie und Arthrose (2). *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 9 (2):10–13.

Froböse, I.(1993 a): Isokinetisches Training in Sport und Training. *Schriften der Deutschen Sporthochschule*. Band 28. Academia Verlag: Sank Augustin.

Froböse, I.; Hardelauf, U. (1995): Diagnostische Verwertbarkeit von Drehmomentkurven. *Sportverletzung- Sportschaden*, 9 (2): 67–68.

Froböse, I.; Nellessen, G.; Verdonck, A. (2003): Einsatz isokinetischer Geräte in der Therapie. In: Froböse, I. Nellessen, G. Wilke, C. (Hrsg.): *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis*. (2. Auflage) München, Jena: Urban & Fischer, 81–99.

Froböse, I.; Lagerstrom, D. (1991): Muskeltraining in Prävention und Rehabilitation nach modernen trainingswissenschaftlichen Prinzipien Teil1 und 2. Gesundheitssport und Sporttherapie, 1 (7): 12-13 und 2 (7): 9–11.

Froböse, I. (1998): Evaluation der Effektivität der ambulanten orthopädisch/traumatologischen Rehabilitation (AOTR/EAP). Die Rehabilitation 37: 147–153.

Ghosh, P.; Cheras, P. A. (2001): Vascular mechanisms in osteoarthritis. Best Pract. Res. Clin. Rheumatol., 15 (5): 693–709.

Greig, C. A.; Botella, J.; Young, A. (1994): The quadriceps strength of healthy elderly people remeasured after eight years. Muscle & Nerve, 16: 6–10.

Gremeaux, V.; Renault, J.; Pardon, L. et al. (2008): Low-frequency electric muscle stimulation combined with physical therapy after total hip arthroplasty for hip osteoarthritis in elderly patients: a randomized controlled trial. Arch. Phys. Med. Rehabil., Dec; 89 (12): 2265–2273.

Guccione, A. A.; Felson, D. T.; Anderson, J. J. et al. (1994): The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. Am. J. Public Health, 84: 351–358.

Gunter, S. (2004): Knieschmerz, Knorpelschaden und Gonarthrose: Epidemiologische, biomechanische und klinische Untersuchungen. Habilitationsschrift der Medizinischen Fakultät der Friedrich- Schiller-Universität Jena, 32–37.

Günther, K. P. (2001): Surgical approaches for osteoarthritis. Best Pract Res Clin Rheumatol. 15 (4): 627–643.

Gureje, O.; Von Korff, M.; Simon, G. E. et al. (1998): Persistent pain and well-being: A World Health Organization study in primary care. JAMA., 280: 147–151.

Häfelinger, U.; Schuba, V. (2007): Koordinationstherapie propriozeptives Training. 3. überarb. Aufl. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

Han, J.; Terenius, L. (1982): Neurochemical basis of acupuncture analgesia. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol., 22: 193–220.

Hansen, J. A. (1997): A comparative study of two methods of acupuncture treatment for neck and shoulder pain. Acupunct. Med., 15: 71–73.

Harridge, S. D.; Kryger, A.; Stensgaard, A. (1999): Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve*, 22 (7): 831–839.

Härtel, S. (2007): Entwicklung und Analyse walkingbasierter Ausdauer-testverfahren im Rahmen der medizinischen Rehabilitation. Karlsruhe : Univ. Karlsruhe, Univ.-Bibl.

Hassan, B. S.; Mockett, S.; Doherty, M. (2001): Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann. Rheum. Dis.*, 60/6: 612–618.

Henrikson, J. (1993): Zellulärer Stoffwechsel und Ausdauer. In: Shephard, R. J.: *Ausdauer im Sport eine Veröffentlichung des IOC* (Hrsg.) Köln Dt. Ärzte-Verl., 59–72.

Hoffman, D. F. (1993): Arthritis and exercise. *Prim. Care*, 20: 895–910.

Hogeboom, C. J.; Sherman, K. J.; Cherkin, D. C. (2001): Variation in diagnosis and treatment of chronic low back pain by traditional Chinese medicine acupuncturists. *Complement Ther. Med.*, 154–166.

Hollmann, W.; Strüde, H. K.; Predel, H. G. et al. (2006): *Spiroergometrie kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken*. Stuttgart:Schattauer 2006.

Horn, H. G.; Steinman; H. J. (2001): *Medizinisches Aufbautraining*. 2. Auflage, Urban & Fischer Verlag München. Jena.

Horstmann, T. (2000): Sportfähigkeit bei Arthrose und nach endoprothetischer Versorgung. *Sport Orthop. Traumatol.*, 16: 26–29.

Hotta, P.T.; Hotta, T.H.; Bataglione, C. et al. (2010): Emg analysis after laser acupuncture in patients with temporomandibular dysfunction (TMD). Implications for practice. *Complement Ther Clin Pract*. Aug; 16 (3): 158–160.

Hubley-Kozey, C. L.; Deluzio, K. J.; Landry, S. C. et al. (2006): Neuromuscular alterations during walking in persons with moderate knee osteoarthritis. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, Aug; 16 (4): 365–378.

Hübscher, M. (2007): *Akupunktur und Sportmedizin-Wirkeeffekte und Anwendungsperspektiven*. Dissertation. Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

Hübscher, M.; Vogt, L.; Ziebart, T. et al. (2010): Immediate effects of acupuncture on strength performance: a randomized, controlled crossover trial. *Eur. J Appl. Physiol.* May 25.

Hurley, M. V. (1999): The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis. *Rheum. Dis. Clin. North. Am.*, May; 25 (2): 283–298.

Hurley, M. V. (2003): Muscle dysfunction and effective rehabilitation of knee osteoarthritis: what we know and what we need to find out. *Arthritis Rheum*, 49: 444–452.

Hurley, M. V.; Jones, D. W.; Newham, D. J. (1994): Arthrogenic quadriceps inhibition and rehabilitation of patients with extensive traumatic knee injuries. *Clinical Science (Colch)*, 86: 305–310.

Hurley, M. V.; Newham, D. J. (1993): The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early. unilateral osteoarthritis knees. *Br. J .Rheumatol.* 32 (2): 127–131.

Hurley, M. V.; Scott, D. L. (1998): Improvements in quadriceps sensorimotor function and disability of patients with knee osteoarthritis following a clinically practicable exercise regime. *British Journal Rheumatology*, 37: 1181–1187.

Hurley, M. V.; Scott, D. L.; Rees, J. et al. (1997): Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.*, 56: 641–648.

Hurley, M. V.; Scott, D. L.; Rees, J. et al. (1997): Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Annals Rheumatic Disease*, 56: 641–648.

Hurwitz, D. E.; Ryals, A. R.; Block, J. A. et al. (2000): Knee pain and joint loading in subjects with osteoarthritis of the knee. *J. Orthop. Res.*, 18 (4): 572–579.

Hyde, S. A. (1983): *Muskulatur, Übung und Training. Physiotherapie in der Rheumatologie.* Ferdinand Enke, Stuttgart, 5–13.

Irnich, D. (2000): Anforderungen, Möglichkeiten und Grenzen der Evidenz- basierten Akupunkturrevaluation. *Dtsch. Z. Akupunkt.*, 43 (2): 117–125.

Irnich, D.; Bayer, A. (2002): Neurobiologische Grundlagen der Akupunkturanalgesie. *Schmerz*, 16 (2): 93–102.

Jin, Y.; Cao, Q.; Zhuang, D. (1988): Function of nucleus of solitary tract in the correlation between heart and acupoint Neiguan. *J. Trad. Chin. Med.*, 8: 61–68.

Jordan, K. M.; Arden, N. K.; Doherty, M. et al. (2003): EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann. Rheum. Dis.*, Dec; 62 (12): 1145–1155.

Jubb, R. W.; Tukmachi, E. S.; Jones, P. W. et al. (2008): A blinded randomised trial of acupuncture (manual and electroacupuncture) compared with a non-penetrating sham for the symptoms of osteoarthritis of the knee. *Acupunct. Med.*, Jun; 26 (2): 69–78.

Kaada, B. (1984): Improvement of physical performance by transcutaneous nerve stimulation in athletes. *Acupunct. Electrother. Res.*, 9: 165–180.

Kannus, P. (1992): Normality, Variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic testing. *Int. J. Sport Med.*, 249–256.

Kannus, P.(1994): Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. *Int. J. Sports Med.*, 15 (Suppl. 1):11–18.

Kawasaki, T.; Kurosawa, H.; Ikeda, H. et al. (2008): Additive effects of glucosamine or risedronate for the treatment of osteoarthritis of the knee combined with home exercise: a prospective randomized 18-month trial. *J. Bone Miner. Metab.*, 26 (3): 279–287.

King, L.K.; Birmingham, T.B.; Kean, C.O. et al. (2008): Resistance training for medial compartment knee osteoarthritis and malalignment. *Med. Sci. Sports Exerc.* Aug; 40(8):1376–1384.

Kong, S. M. (1988): Heart rate power spectral analysis during homeostatic action of Neiguan acupoint-role played by cardiac vagus nerve. *J. Trad. Chin. Med.*, 8: 271–276.

Konrad, P. (2005): *EMG –Fibel. Eine praxisorientierte Einführung in die kinesioogische Elektromyographie.* Unveröffentlichtes Manuskript, Köln.

Koralewicz, L. M.; Engh, G. A. (2000): Comparison of proprioception in arthritis and age-matched normal knee. *J. Bone Joint Surg. AM.*, 82-A (11): 1582–1588.

Kostis, J. B.; Moreyra, A. E.; Amendo, M. T, et al. (1982): The effect of age on heart rate in subjects free of heart disease. Studies by ambulatory electrocardiography and maximal exercise stress test. *Circulation.* 65: 141–145.

Kovar, P. A.; Allegrante, J. P.; MacKenzie, C. R. et al. (1992): Supervised fitness walking in patients with osteoarthritis of the knee. A randomized, controlled trial. *Ann. Intern. Med.* Apr 1; 116 (7): 598–599.

Lajeunesse, D. (2004): The role of bone in the treatment of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 12 Suppl. A: 34–38.

Lawrence, R. C.; Helmick, C. G.; Arnett, F. C. et al. (1998): Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorders in the United States. *Arthritis Rheum.*, 41: 778–799.

Le Bars, D.; Dickenson, A. H.; Besson J. M. (1979): Diffuse nixious inhibitory controls (DNIC), 1. Effects on dorsal hom convergent neuronrs in the rat. *Pain* 1979; 6: 283–304.

Lewek, M. D.; Rudolph, K. S.; Snyder-Mackler, L. (2004): Control of frontal plane knee laxity during gait in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 12: 745–751.

Lewith, G. T.; Vincent, C. A. (1998): the clinical evaluation of acupuncture. *Western Scientific Approach Edinburgh: Churchill Livingstone*, 205–224.

Li, P.; Ayannusi, O.; Reid, C. et al(2004): Inhibitory effect of electroacupuncture(EA) on the pressor response induced by exercise stress. *Clin. Auton Res.* 14(3): 182-188.

Lin, Z. P.; Wang, C. Y.; Jang, T. R. et al. (2009): Effect of auricular acupuncture on oxygen consumption of boxing athletes. *Chin. Med. J.*, 122: 1587–1590.

Lipinski, M. J.; Vetrovec, G. W.; Froelicher, V. F. (2004): Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and the presence of coronary artery disease in men. *Am. J. Cardiol.*, 93: 445–449.

Liu, R. T.; Lang, M. (1986): Effect of electrical needling “Neiguan” point on the promotion of the recovery of acute myocardial ischemia in cats: analysis of afferent pathways. *Acupunct. Res.*, 11: 229–233.

Ludwig, G. (2001b): *Ausdauertraining der sportmedizinische Ratgeber. 3. durchgesehene Neuausgabe*, Copress Verlag, München, 54.

Ludwig, M. (2000): Einfluss der Akupunktur auf die Leistungsfähigkeit der Quadrizepsmuskulatur. *Dt. Ztschr. f. Akup.*, 2: 104–107.

Ludwig, M. (2001a): Verbesserung der Trainierbarkeit der Quadrizepsmuskulatur nach vorderer Kreuzbandplastik durch Akupunktur. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 52 (3): 100–103.

Lundeberg, T.; Hurtig, T.; Lundeberg, S. et al. (1988): Long-term results of acupuncture in chronic head and neck pain. *The Pain Clinic*, 2: 15–31.

Machan, F. G. (1983): Significance of the synovial pumping system on the biochemistry of the interior knee joint. *Zentralbl. Chir.*, 108 (17): 1105–1111.

Macus, P. (1994): Towards a dose of acupuncture. *Acupunct. Med.*, 12: 78–82.

Maly, M. R.; Costigan, P. A.; Olney, S. J. (2006): Determinants of self efficacy for physical tasks in people with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.*, Feb 15; 55 (1): 94–101.

Mangione, K. K.; McCully, K.; Gloviak, A. et al. (1999): The effects of high-intensity and low-intensity cycle ergometry in older adults with knee osteoarthritis. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, Apr; 54 (4): M 184–190.

Marks, R. (1993): The effect of isometric quadriceps strength training in mid-range of osteoarthritis of knee. Case report. *Arthritis Care Res.* 6: 52–56.

Marks, R. (1994): The effects of 16 months of angle-specific isometric strengthening exercises in midrange on torque of the knee extensor muscles in osteoarthritis of the knee: a case study. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* Aug; 20 (2): 103–109.

Marks, R.; Ungar, M.; Ghasemmi, M. (2000): Electrical muscle stimulation for osteoarthritis of the knee: biological basis and systematic review. *New Zealand Journal of Physiotherapy*, 28: 6–20.

Martin, S. D.; Scott, R. D.; Thornhill, T. S. (1998): Current concepts of total knee arthroplasty. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 28 (4): 252–261.

Mayer, F.; Horstmann, T.; Kranenberg, U. et al. (1994): Reproducibility of isokinetic peak torque and angle at peak torque in the shoulder joint. *Int. J. Sports Med.*, 15: 26–31.

Mc Alindon, T. E.; Cooper, C. (1993): Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann. Rheum. Dis.*, 52: 258–262.

Meekins, G. D.; So, Y.; Quan, D. (2008): American Association of Neuromuscular & Electrodiagnostic Medicine evidenced-based review: use of surface electromyogra-

phy in the diagnosis and study of neuromuscular disorders. *Muscle Nerve*, Oct; 38 (4): 1219–1224.

Melchart, D.; Streng, A.; Hoppe, A. et al. (2006): Akupunktur bei chronischen Schmerzen: Ergebnisse aus dem Modellvorhaben der Ersatzkassen. *Dtsch. Arztebl.* 2006; 103: A-187/B-160/C-159.

Messier, S. P. (1994): Osteoarthritis of the knee and associated factors of age and obesity: effects on gait. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26 (12): 1446–1452.

Messier, S. P.; Mihalko, S.; Loeser, R. F. et al. (2007): Glucosamine/chondroitin combined with exercise for the treatment of knee osteoarthritis: a preliminary study. *Osteoarthritis Cartilage*, Nov; 15 (11): 1256–1266.

Michelotti, A.; Farella, M.; Martina, R. (1999): Sensory and motor changes of the human jaw muscles during included orthodontic pain. *Eur. J. Orthod.*, 21 (4): 397–404.

Mikesky, A.E.; Mazzuca, S.A.; Brandt, K.D. et al. (2006): Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* Oct 15; 55 (5): 690–699.

Miller, G. D.; Nicklas, B. J.; Davis, C. Et al. (2006): Intensive weight loss program improves physical function in older obese adults with knee osteoarthritis. *Obesity (Silver Spring)*. Jul; 14 (7): 1219–1230.

Minor, M. A.; Hewett, J. E.; Webel, R. R. et al. (1988): Exercise tolerance and disease related measures in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *J. Rheumatol.*, Jun; 15 (6): 905–911.

Minor, M. A.; Kay, D. R. (1997): Arthritis. In: Larry Durstine, J. ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities/American College of Sports Medicine. *Human Kinetics*, 154.

Mukherjee, M.; McPeak, L.K.; Redford, J.B. et al. (2007): The effect of electro-acupuncture on spasticity of the wrist joint in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* Feb; 88 (2): 159–166.

Nellessen, G. & Eckey, U.R. (2003): Training im Wasser. In: I. Froböse, G.; Nellessen, C. Wilke (Hrsg.), *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis*. München, Jena: Urban & Fischer. 197–215.

Oreilly, S. C.; Jones, A.; Muir, K. R. et al. (1998): Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann. Rheum. Dis.*, 57 (10): 588–594.

Ozerkan, K. N.; Bayraktar, B.; Sahinkaya, T. et al. (2007): Comparison of the effectiveness of the traditional acupuncture point, ST. 36 and Omura's ST. 36 Point (True ST. 36) needling on the isokinetic knee extension & flexion strength of young soccer players. *Acupunct. Electrother. Res.* 32 (1-2): 71–79.

Pahmeier, I. (2000): Bindung an sportliche Aktivität im Anschluss an eine Rehabilitationsmaßnahme. *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 16: 186.

Park, J.; Wite, A. R.; Lee, H. et al. (1983): Acupuncture compared with placebo in post-herpetic pain. *Pain*, 17: 361–368.

Paterson, C.; Dieppe, P. (2005): Characteristic and incidental (placebo) effects in complex interventions such as acupuncture. *BMJ*, 330: 1202–1205.

Pearl, D.; Schrollinger, E. (1999): Acupuncture: its use in medicine. *West J. Med.*, 171 (3): 176–180.

Peat, G.; Mc Camey, R.; Croft, P. (2001): Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Ann. Rheum. Dis.*, 60 (2): 91–97.

Péloquin, L.; Bravo, G.; Gauthier, P. et al. (1999): Effects of a Cross-Training Exercise Program in Persons with Osteoarthritis of the Knee A Randomized Controlled Trial. *J. Clin. Rheumatol.* Jun; 5 (3): 126–136.

Pendleton, A.; Arden, N.; Dougados, M. et al. (2000): EULAR recommendations for the management of knee osteoarthritis: report of a task force of the Standing Committee for international Clinical Studies Including Therapeutic Trial (ESCISIT). *Ann. Rheum. Dis.*, 59: 936–944.

Petersson, I.F. (2002): Osteoarthritis of the peripheral joints. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 16(5):741-60.

Peterson, M. G.; Kovar, P. A.; Otis, J. C. et al. (1993): Effect of walking program on gait characteristics in patients with osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* 6: 11–16.

Petrella, R. J. (2000): Is exercise effective treatment for osteoarthritis of the knee? *Br. J. Sports. Med.* 34 (5): 326-331.

Philbin, E. F.; Groff, G. D.; Ries, M. D. et al. (1995): Cardiovascular fitness and health in patients with end-stage osteoarthritis. *Arthritis Rheum.*, Jun; 38 (6): 799–805.

Puhl, W. (1997): Ätiologie, Pathogenese und Pathochemie der degenerativen Gelenkerkrankungen in: Zichner, L.; Engelhardt, M.; Freiwald, J. *Sport bei Arthrose und nach endoprothetischem Einsatz* CIBA-GEIGY VERLAG, 9–21.

Radlinger, L.; Bachmann, W.; Homburg, J. et al. (1998): *Rehabilitatives Krafttraining. Theoretische Grundlagen und Praktische Anwendung*, Stuttgart: Thieme.

Rancan, S. V.; Bataglion, C.; Bataglion, S.A. et al. (2009): Acupuncture and temporomandibular disorders: a 3-month follow-up EMG study. *J Altern. Complement Med.* Dec;15 (12): 1307–1310.

Reeves, N. D.; Maganaris, C. N.; Narici, M. V. (2003): Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *Journal of Physiology*, 548: 971–981.

Reginster, J. Y.; Deroisy, R.; Rovati, L. C. et al. (2001): Long-term effects of glucosamine sulphate on osteoarthritis progression: a randomised, placebo-controlled clinical trial. *Lancet*, 357: 251–256.

Richette, P.; Corvol, M.; Bardin, T. E. (2003): Estrogens, cartilage, and osteoarthritis. *Joint Bone Spine*; 70 (4): 257–262.

Rogind, H.; Bibow-Nielsen, B.; Jensen, B. et al. (1998): The effects of a physical training program on patients with osteoarthritis of the knees. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 79 (11): 1421–1427.

Roos, H.; Adalberth, T.; Dahlberg, L. et al. (1995): Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthritis Cartilage*, 3: 261–267.

Rummans, T. A.; Frost, M.; Suman, V. J. et al. (1998): Quality of life and pain in patients with recurrent breast and gynecologic cancer. *Psychosomatics*, 39: 437–445.

Sandmark, H.; Hogstedt, C.; Lewold, S. et al. (1999): Osteoarthrosis of the knee in men and women in association with overweight, smoking, and hormone therapy. *Ann. Rheum. Dis.*, 58 (3): 151–155.

Scharf, H. P.; Mansmann, U.; Streitberger, K. et al. (2006): Acupuncture and knee osteoarthritis: a three-armed randomized trial. *Ann Intern Med.*, 145 (1): 12–20.

Schilke, J.M.; Johnson, G.O.; Housh, T.J. et al. (1996): Effect of muscle strength training on the functional status of patients with osteoarthritis of the knee joint. *Nurs. Res.* 45: 68–72.

Schulte-Frei, B. (2003): *Trainingstherapie bei Verletzungen und Erkrankungen des Kniegelenks* (Hrsg.): *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis.* (2. Auflage) München, Jena: Urban & Fischer, 408.

Schüle, K.; Deimel, H. (1990): *Gesundheitsport und Sporttherapie-eine begriffliche Klärung.* *Gesundheitsport und Sporttherapie* 1,6,3.

Semle, E. L.; Loeser, R. F.; Wise, C. M. (1990): Therapeutic exercise for rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Semin. Arthritis Rheum.*, 20: 32–40.

Shakespeare, D. T.; Stokes, M.; Sherman, K. P. et al. (1985): Reflex inhibition of the quadriceps after meniscectomy lack of association with. *Pain Clin. Physiol.*, 5/2: 137–144.

Sharma, L. (2002): Nonpharmacologic management of osteoarthritis. *Curr. Opin. Rheumatol.* 14 (5): 603–607.

Sharma, L.; Pai, Y. C.; Holtkamp, K.; Rymer, W. Z. (1997): Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum.*, 40 (8): 1518–1525.

Siegele, J. (2005): *Seilzugübungen.* 2., korrigierte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart & New York: 1.

Simon, L.; Blotman, F. (1981): Exercise therapy and hydrotherapy in the treatment of the rheumatic diseases. *Clin. Rheum. Dis.*, 7: 337–347.

Slemenda, C.; Brandt, K. D.; Heilman, D. K. et al. (1997): Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann. Intern. Med.*, 127: 97–104.

Stackhouse, S. K.; Dean, J. C.; Lee, S. C. (2000): Binder-MacLeod SA. Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle Nerve*, 23 (11): 1706–1712.

Steinbach, K. (1992): Wertigkeit der isokinetischen Diagnostik und Therapie in der Sportrehabilitation. In: Steinbrück, K. (Hrsg.): *Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Prävention, Diagnostik, Therapie, Rehabilitation.* Wehr CIBA-GEIGY-Verl.

Stevens, J. E.; Binder-Macleod, S.; Snyder-Mackler, L. (2001): Characterization of the human quadriceps muscle in active elders. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 82 (7): 973–978.

Stitik, T. P.; Blacksin, M. F.; Stiskal, D. M. et al. (2007): Efficacy and safety of hyaluronan treatment in combination therapy with home exercise for knee osteoarthritis pain. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Feb; 88 (2): 135–141.

Stör, W.; Irnich, D. (2009): Akupunktur- Grundlagen, Praxis und Evidenz. *Schmerz*, 23: 405–418.

Stöve, J. (2005): Konservative Therapie der Arthrose. *Orthopäde*, 34: 613–622.

Stöve, J.; Puhl, W. (1999): Übersicht über die klinische und experimentelle Anwendung der Hyaluronsäure in der Therapie der Gonarthrose. *Z. Orthop. ihre Grenzgeb.* 137: 393–399.

Strokes; M.; Yong, A. (1984): The contribution of reflex inhibition to arthrogenous muscle weakness. *Clin. Sci.*, 67: 7–14.

Stucki, G.; Meier, D.; Stucki, S. et al. (1996): Evaluation einer deutschen Version des WOMAC(Western Ontario and McMaster Universities) Arthroseindex. *Z. Rheumatol.*, Jan-Feb; 55 (1): 40–49.

Sulzbacher, L. (2000): Arthrose-histologische und pathogenetische Ansätze. *Radiologe*, 40: 1126–1133.

Syuu, Y.; Matsubara, H.; Kiyooka, T. et al. (2001): Cardiovascular beneficial effects of electroacupuncture at Neiguan (PC-6) acupoint in anesthetized open-chest dog. *Jpn. J. Physiol.*, 51: 231–238.

Tan, J.; Balci, N.; Sepici, V. et al. (1995): Isokinetic and isometric strength in osteoarthritis of the knee. A comparative study with healthy woman. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 74: 364–369.

Teichtahl, A. J. (2003): A comparison of gait patterns between the offspring of people with medial tibiofemoral osteoarthritis and normal controls. *Clin. Exp. Rheumatol.*, 21 (4): 421–423.

Toma, K.; Conatser, R. R.; Gilders, R. M. et al. (1998): The effects of acupuncture needle stimulation on skeletal muscle activity and performance. *J. Strength. Cond. Res.*, 12 (4): 253–257.

- Tosh, R. W. (1990): Surface electrode electromyography static and dynamic muscle assessments. In: Cram, J.: Clinical EMG for surface recordings: Volume 2. California, 304.
- Tsou, M. T.; Huang, C. H.; Chiu, J. H. (2004): Electroacupuncture on PC-6 (Neiguan) attenuates ischemia/reperfusion injury in rat hearts. *Am. J. Chin. Med.*, 32: 951–965.
- Van Baar, M. E.; Dekker, J.; Oostendorp, R. et al. (1998): The effectiveness of exercise therapy in patients with osteoarthritis of the hip. or knee: a randomized clinical trial. *J. Rheumatol.*, 25 (12): 2432–2439.
- Vas, J.; Mendez, C.; Perea-Milla, E. et al. (2004): Acupuncture as a complementary therapy to the pharmacological treatment of osteoarthritis of the knee: randomised controlled trial. *BMJ.*, 329 (7476): 1216.
- Verdonck, A.; Wiek, M.; Wilke, C. (2003): Testverfahren. In: Froböse, I. Nellessen, G. Wilke, C. (Hrsg.): *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis.* (2. Auflage) München, Jena: Urban & Fischer, 265–266.
- Vincent, C.; Lewith, G. (1995): Placebo controls for acupuncture studies. *J R Soc Med.*, (4): 199–202.
- Wang, J. L.; Chai, C. H.; Xu, Y. M. (2008): [Clinical observations on the effect of Tui-gua manipulation combined with quadriceps exercise for the treatment of degenerative gonarthrosis]. *Zhongguo Gu Shang*, Dec; 21 (12): 887-889. Chinese
- Ware, J. E. Jr.; Sherbourne, C. D. (1992): The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med. Care*, Jun; 30 (6): 473–483.
- Waters, R. L.; Perry, J.; Conaty, P. et al. (1987): The energy cost of walking with arthritis of the hip and knee. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, Jan; (214): 278–284.
- Wessel, D. (2003): Medikamentöse Behandlung älterer Rhaumatiker. *Arthritis und Rheuma*, (23): 259–267.
- Wilke, C. & Froböse, I. (2003): *Sensomotorisches Training in der Therapie: Grundlagen und praktische Anwendung* (Hrsg.): *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis.* (2. Auflage) München, Jena: Urban & Fischer, 158.
- Wirth, C. J. (2001): *Praxis der Orthopädie. Band II: Operative Orthopädie.* Stuttgart, New York: Thieme.

Witt, C. M.; Brinkhaus, B.; Jena, S. et al. (2006): Wirksamkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Akupunktur – Ein Modellvorhaben mit der Techniker Krankenkasse. Dtsch Arztebl. 103: A-196/B-169/C–167.

Witt, C. M.; Brinkhaus, B.; Willich, S. N. (2006a): Akupunktur - Klinische Studien zur Wirksamkeit bei Patienten mit chronischen Schmerzen. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 49(8): 736–742.

Witt, C. M.; Jena, S.; Brinkhaus, B. et al. (2006b): Acupuncture in patients with osteoarthritis of the knee or hip: a randomized, controlled trial with an additional non-randomized arm. Arthritis Rheum., Nov; 54 (11): 3485–3493.

Witt, C.; Brinkhaus, B.; Jena, S. et al. (2005): Acupuncture in patients with osteoarthritis of the knee: a randomised trial. Lancet., 366: 136–143.

Yan, T.; Hui-Chan, C.W.(2009): Transcutaneous electrical stimulation on acupuncture points improves muscle function in subjects after acute stroke: a randomized controlled trial. J Rehabil Med. Apr 41(5): 312–316.

Yim M-J. (1987): Acupuncture: Preliminary report of its role as a stimulus for cardiorespiratory enhancement in swimmers. Med Sport Sci. 24: 23–29.

Ytterberg, S. R.; Mahowald, M. L.; Krug, H. E. (1994): Exercise for arthritis. Baillieres Clin. Rheumatol., 8: 161–189.

Yurtkuran, M.; Alp, A.; Konur, S. et al. (2007): Laser acupuncture in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized controlled study. Photomed Laser Surg., 25 (1): 14–20.

Zhao, J. Sh.; Liu, Y. G.; Hu, K. et al. (2002): Chinese Acupuncture and Moxibustion. Publishing House of Shanghai University of traditional Chinese Medicine, Shanghai.

## 8. Anhang

### SF-36

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen. Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten das Kästchen ankreuzen, das am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beurteilen?

ausgezeichnet	sehr gut	gut	weniger gut	schlecht
<input type="checkbox"/>				

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

viel besser als vor einem Jahr	etwas besser als vor einem Jahr	etwa so wie vor einem Jahr	derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	derzeit viel schlechter als vor einem Jahr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a) anstrengende Tätigkeiten, z. B. schnell Laufen, schwere Gegenstände heben, Sport treiben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) mittelschwere Tätigkeiten, z. B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Einkaufstaschen heben oder tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) mehrere Treppenabsätze steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

e) einen Treppenabsatz steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) sich beugen, knien, bücken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) mehr als 1 km zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) sich baden oder anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund Ihrer *körperlichen* Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Ja	Nein
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z. B. ich musste mich besonders anstrengen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z. B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	Ja	Nein
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis eingeschränkt?

überhaupt nicht	etwas	mäßig	ziemlich	sehr
<input type="checkbox"/>				

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen vier Wochen?

Ich hatte keine Schmerzen	sehr leicht	leicht	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen vier Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

überhaupt nicht	ein bisschen	mäßig	ziemlich	sehr
<input type="checkbox"/>				

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen vier Wochen gegangen ist (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile das Kästchen an, das Ihrem Befinden am ehesten entspricht).

Wie oft waren Sie in den vergangenen vier Wochen...

	immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie
a) voller Schwung?	<input type="checkbox"/>					
b) sehr nervös?	<input type="checkbox"/>					
c) so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern kann?	<input type="checkbox"/>					
d) ruhig und gelassen?	<input type="checkbox"/>					
e) voller Energie?	<input type="checkbox"/>					
f) entmutigt und traurig?	<input type="checkbox"/>					
g) erschöpft?	<input type="checkbox"/>					
h) glücklich?	<input type="checkbox"/>					
i) müde?	<input type="checkbox"/>					

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

immer	meistens	manchmal	selten	nie
<input type="checkbox"/>				

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussage zu?

	trifft ganz zu	trifft weitge- hend zu	weiß nicht	trifft weit- gehend nicht zu	trifft über- haupt nicht zu
a) Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Ich erfreue mich ausgezeichnete Gesundheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## WOMAC-Fragebogen

Sie werden nun gebeten, nach diesem Muster die Stärke Ihrer Schmerzen, Ihrer Steifigkeit oder Behinderung anzugeben. Bitte vergessen Sie nicht, je mehr rechts Sie das „X“ ankreuzen, umso mehr Schmerzen, Steifigkeit oder Behinderung haben Sie.

### A SCHMERZFRAGEN

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Stärke der Schmerzen, die Sie im \_\_\_\_ Knie haben. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Schmerzen an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an).

#### Wie starke Schmerzen haben Sie beim

1. Gehen auf ebenem Boden

keine Schmerzen 

<input type="checkbox"/>											
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

 extreme Schmerzen

2. Treppen hinauf- oder hinuntersteigen

keine Schmerzen 

<input type="checkbox"/>											
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

 extreme Schmerzen

3. Nachts im Bett

keine Schmerzen 

<input type="checkbox"/>											
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

 extreme Schmerzen

4. Sitzen oder liegen

keine Schmerzen 

<input type="checkbox"/>											
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

 extreme Schmerzen

5. Aufrecht stehen

keine Schmerzen 

<input type="checkbox"/>											
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

 extreme Schmerzen

## B FRAGEN ZUR STEIFIGKEIT

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Steifigkeit (nicht die Schmerzen) Ihres \_\_\_\_Knies. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in der Beweglichkeit, wenn Sie Ihre Gelenke bewegen. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Steifigkeit an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an).

1. Wie stark ist die Steifigkeit gerade nach dem Erwachen am Morgen?

keine Steifigkeit  extreme Steifigkeit

2. Wie stark ist Ihre Steifigkeit nach Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tages?

keine Steifigkeit  extreme Steifigkeit

## C FRAGEN ZUR KÖRPERLICHEN TÄTIGKEIT

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Tätigkeit. Damit ist Ihre Fähigkeit gemeint, sich im Alltag zu bewegen und sich um sich selbst zu kümmern. Bitte geben Sie für jede der folgenden Aktivitäten den Schwierigkeitsgrad an, den Sie in den letzten 2 Tagen wegen Beschwerden in Ihrem \_\_\_\_ Knie gespürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an).

**Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim:**

1. Treppen hinuntersteigen

Keine Schwierigkeiten  Extreme Schwierigkeiten

2. Treppen hinaufsteigen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

3. Aufstehen vom Sitzen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

4. Stehen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

5. Sich zum Boden bücken

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

6. Gehen auf ebenem Boden

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

7. Einsteigen ins Auto/Aussteigen aus dem Auto

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

8. Einkaufen gehen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

9. Socken/Strümpfe anziehen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

10. Aufstehen vom Bett

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

11. Socken/Strümpfe ausziehen

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten

12. Liegen im Bett

keine Schwierigkeiten  extreme Schwierigkeiten



## 9. Abkürzungsverzeichnis

AA	Akupunkturanalgesie
Abb.	Abbildung
ACSM	American College of Sports Medicine
AMI	arthrogen bedingte Muskelhemmung
BMI	Body-Mass-Index
bpm	Bit pro Minute
EMG	Elektromyographie
EZM	Extrazelluläre Matrix
Hz	Hertz
IGP	Insulin-like Growth Faktor
J	Jahre
J	Joule
Kg	Kilogramm
km/h	Kilometer pro Stunde
m	Meter
Min	Minuten
ms	Millisekunde
MVC	Maximum voluntary contraction
MW	Mittelwert
n.s.	nicht signifikant
Nm	Newton metre
NSAR	nicht-steroidale Antirheumatikum

OP	Operationen
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
ROM	Range of Motion
s	Sekunde/n
SD	Standardabweichung
sEMG	Surface Electromyography
SENIAM	Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles
SF-36	the MOS (Medical Outcomes study) 36 item Short-Form Health Survey
SYSADOA	Symptomatic slow acting drugs in Osteoarthritis
Tab.	Tabelle
TCM	Traditionelle Chinesische Medizin
TEAS	transkutane elektronische Akupunkturpunkt-Stimulation
TGF	Transforming Growth Factor
TNF	Tumor Necrosis Factor
vgl.	vergleiche
WOMAC	Western Ontario und Mc Master Universities
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentralnervensystem

## 10. Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 3.1: Studiendesign</i> .....	28
<i>Abb. 3.2: Dehnung der vorderen Oberschenkelmuskulatur (ohne oder mit Theraband)</i> .....	30
<i>Abb. 3.3: Dehnung der hinteren Oberschenkelmuskulatur (ohne oder mit Theraband)</i> .....	30
<i>Abb. 3.4: Dehnung der inneren Oberschenkelmuskulatur</i> .....	31
<i>Abb. 3.5: Dehnung der Wadenmuskulatur</i> .....	31
<i>Abb. 3.6: Koordination und Gleichgewichtstraining</i> .....	32
<i>Abb. 3.7: Beinpresse</i> .....	33
<i>Abb. 3.8: Kniestrecker</i> .....	33
<i>Abb. 3.9: Kniebeuge</i> .....	33
<i>Abb. 3.10: Abduktion</i> .....	33
<i>Abb. 3.11: Adduktion</i> .....	34
<i>Abb. 3.12: Laufband (Woodway) und Fahrradergometer (Proxomed Kardiomed Line ®)</i> .....	35
<i>Abb. 3.13: Ausgewählte Punkte der Innenseite der unteren Extremität</i> .....	37
<i>Abb. 3.14: Ausgewählte Punkte der Rückseite der unteren Extremität</i> .....	38
<i>Abb. 3.15: Ausgewählte Punkte der Außenseite der unteren Extremität</i> .....	38
<i>Abb. 3.16: Stahlnadeln der Suzhou Medizin China GmbH</i> .....	39
<i>Abb. 3.17: Laufband der Firma „Hp Cosmos“</i> .....	40
<i>Abb. 3.18: Biodex Medical System 2, New York</i> .....	41
<i>Abb. 3.19: Selbstklebende Einmalelektroden der Firma Blue Sensor</i> .....	43
<i>Abb. 3.20: EVERI Abrasive Reinigungspaste</i> .....	43

<i>Abb. 3.21: Elektrodenposition der M. rectus femoris, M. vastus lateralis und M. vastus medialis.....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 3.22: Elektrodenposition der M. biceps femoris und M. semitendinosus.....</i>	<i>44</i>
<i>Abb. 3.23: „MYOSYSTEM 1400A“ der Firma Noraxon U.S.A Inc.....</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 3.24: EMG-Messung auf Biodex Medical System 2.....</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 3.25: Isokinetische EMG-Messungen zur Analyse der Oberschenkelmuskulatur bei der Testgeschwindigkeiten 60°/s.....</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 3.26: Isokinetische EMG-Messungen zur Analyse der Oberschenkelmuskulatur bei der Testgeschwindigkeiten 150°/s.....</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 4.1: Herzschlagfrequenz (bpm) in der ersten Erholungsminute während der 12-wöchigen Trainingsphase .....</i>	<i>54</i>
<i>Abb. 4.2: Herzschlagfrequenz (bpm) in der dritten Erholungsminute.....</i>	<i>55</i>
<i>Abb. 4.3: Maximales Drehmoment der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>56</i>
<i>Abb. 4.4: Maximales Drehmoment der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>57</i>
<i>Abb. 4.5: Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12 wöchigen Therapie.....</i>	<i>59</i>
<i>Abb. 4.6: Maximales Drehmoment der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>60</i>
<i>Abb. 4.7: Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>63</i>
<i>Abb. 4.8: Gesamtarbeit der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>64</i>
<i>Abb. 4.9: Gesamtarbeit der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>65</i>
<i>Abb. 4.10: Gesamtarbeit der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie.....</i>	<i>67</i>

<i>Abb. 4.11: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>68</i>
<i>Abb. 4.12: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe1 (n = 12).....</i>	<i>69</i>
<i>Abb. 4.13: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 4.14: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 4.15: Aktivitätsverlauf des M. Semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 4.16: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>71</i>
<i>Abb. 4.17: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>71</i>
<i>Abb. 4.18: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>72</i>
<i>Abb. 4.19: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>72</i>
<i>Abb. 4.20: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1 (n = 12).....</i>	<i>73</i>
<i>Abb. 4.21: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>74</i>
<i>Abb. 4.22: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 .....</i>	<i>74</i>
<i>Abb. 4.23: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>75</i>
<i>Abb. 4.24: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>75</i>

<i>Abb. 4.25: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>75</i>
<i>Abb. 4.26: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>76</i>
<i>Abb. 4.27: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>76</i>
<i>Abb. 4.28: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>77</i>
<i>Abb. 4.29: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>77</i>
<i>Abb. 4.30: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 2 (n = 14).....</i>	<i>78</i>
<i>Abb. 4.31: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>78</i>
<i>Abb. 4.32: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>79</i>
<i>Abb. 4.33: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>79</i>
<i>Abb. 4.34: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>80</i>
<i>Abb. 4.35: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>80</i>
<i>Abb. 4.36: Aktivitätsverlauf des M. vastus lateralis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>81</i>
<i>Abb. 4.37: Aktivitätsverlauf des M. vastus medialis des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>81</i>
<i>Abb. 4.38: Aktivitätsverlauf des M. biceps femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>81</i>

<i>Abb. 4.39: Aktivitätsverlauf des M. rectus femoris des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>82</i>
<i>Abb. 4.40: Aktivitätsverlauf des M. semitendinosus des EMG-isokinetischen Tests bei der Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 3 (n = 15).....</i>	<i>82</i>
<i>Abb. 4.41: Körperliche Funktionsfähigkeit (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten .....</i>	<i>91</i>
<i>Abb. 4.42: Körperliche Rollenfunktion (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten .....</i>	<i>91</i>
<i>Abb. 4.43: Körperliche Schmerzen (von 100) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten.....</i>	<i>93</i>
<i>Abb. 4.44: Schmerzen (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten.....</i>	<i>99</i>
<i>Abb. 4.45: Steifigkeit-Score (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten.....</i>	<i>100</i>
<i>Abb. 4.46: Tätigkeit-Score (von 100) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten.....</i>	<i>101</i>

## 11. Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Klassifikation der Gonarthrose nach Wirth 2001.....	13
Tab. 2.2: Therapieempfehlungen für das Management der Gonarthrose.....	14
Tab. 3.1: Einschlusskriterien .....	25
Tab. 3.2: Ausschlusskriterien.....	25
Tab. 3.3: Anthropometrische Daten und radiologische Klassifikation in den Untersuchungsgruppen (MW± SD) .....	26
Tab. 3.4: Fünf Übungen zur Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur an Geräten....	33
Tab. 3.5: Akupunkturpunkte und ihre anatomische Lage (Bachmann, 2000).....	36
Tab. 3.6: Elektrodenposition der M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. biceps femoris, sowie M. semitendinosus.....	45
Tab. 3.7: Übersicht der Grunddimensionen und Subskalen des SF-36.....	50
Tab. 4.1: Herzschlagfrequenz (bpm) in der ersten Erholungsminute für die drei Untersuchungsgruppen während der 12-wöchigen Trainingsphase (MW ± SD).....	54
Tab. 4.2: Herzschlagfrequenz (bpm) in der dritten Erholungsminute für die drei Untersuchungsgruppen während der 12-wöchigen Trainingsphase (MW± SD).....	55
Tab. 4.3: Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW ± SD).....	57
Tab. 4.4: Maximales Drehmoment (Nm) der Extensoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW ± SD).....	58
Tab. 4.5: Maximales Drehmoment (Nm) der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 60°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW± SD).....	59
Tab. 4.6: Maximales Drehmoment (Nm) der Flexoren bei der Testgeschwindigkeit 150°/s im Verlauf der 12-wöchigen Therapie (MW ± SD).....	60
Tab. 4.7: Verhältnisse des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren von drei Gruppen an drei ausgewählten Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s (MW ± SD%).....	61

Tab. 4.8: Verhältnisse des maximalen Drehmomentes der Knieflexoren zu dem der Knieextensoren von drei Gruppen an drei ausgewählten Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s (MW± SD% ).....	61
Tab. 4.9: Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW ± SD).....	62
Tab. 4.10: Gesamtarbeit (J) der Knieextensoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW ± SD).....	63
Tab. 4.11: Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 60°/s für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten (MW ± SD).....	65
Tab. 4.12: Gesamtarbeit (J) der Knieflexoren für die Testgeschwindigkeit 150°/s für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 in den verlaufenden Messzeitpunkten (MW ± SD).....	66
Tab. 4.13: Time to Peak (%) (MW ± SD) für M. rectus femoris bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s.....	84
Tab. 4.14: Time to Peak (%) (MW ± SD) für M. vastus lateralis bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s.....	84
Tab. 4.15: Time to Peak (%) (MW ± SD) für M. vastus medialis bei Knieextensoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s.....	85
Tab. 4.16: Time to Peak (%) (MW ± SD) für M. biceps femoris bei Knieflexoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den drei Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s.....	85
Tab. 4.17: Time to Peak (%) (MW ± SD) für M. semitendinosus bei Knieflexoren für die drei Untersuchungsgruppen zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 60°/s.....	86
Tab. 4.18: Time to Peak (%) (MW ± SD) des M. rectus femoris bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s.....	87

Tab. 4.19: Time to Peak (%) (MW ± SD) des M. vastus lateralis bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s.....	88
Tab. 4.20: Time to Peak (%) (MW ± SD) des M. vastus medialis bei Knieextensoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s.....	88
Tab. 4.21: Time to Peak (%) (MW ± SD) des M. biceps femoris bei Knieflexoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s.....	89
Tab. 4.22: Time to Peak (%) (MW ± SD) des M. semitendinosus bei Knieflexoren für Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3 und Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten bei der Testgeschwindigkeit 150°/s.....	89
Tab. 4.23: Körperliche Funktionsfähigkeit (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	90
Tab. 4.24: Körperliche Rollenfunktion (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	92
Tab. 4.25: Körperliche Schmerzen (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	93
Tab. 4.26: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	94
Tab. 4.27: Vitalität (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	95
Tab. 4.28: Soziale Funktionsfähigkeit (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	95
Tab. 4.29: Emotionale Rollenfunktion (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	96
Tab. 4.30: Psychisches Wohlbefinden (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	96
Tab. 4.31: Körperliche Summenskala (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	97

Tab. 4.32: Psychische Summenskala (von 100) (MW ± SD) in SF-36 für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	97
Tab. 4.33: Schmerz-Score (von 100) (MW ± SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	99
Tab. 4.34: Steifigkeit-Score (von 100) (MW ± SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	100
Tab. 4.35: Tätigkeit-Score (MW ± SD) in WOMAC für Gruppe 1, Gruppe 2 und Gruppe 3 zu den Messzeitpunkten.....	101

# LEBENS LAUF

## ■ Persönliche Daten

Geburtsname: Yu Xiao  
Geburtstag: 26.08.1973 in Shenyang, China  
Familienstand: verheiratet, ein Kind  
e-Mail: xy2153@hotmail.com

## ■ Aus- und Weiterbildung

07/1992 Abitur / Shenyang N.120 Gymnasium, China  
09/1992 – 07/1997 Studium der Humanmedizin /Dalian Medizinische  
Universität, Bachelor, China  
08/1998 – 07/2001 Studium der Sportwissenschaft/ Shenyang  
Sporthochschule, Diplom, China  
03/2000-03/2001 Weiterbildung traditionelle chinesische Medizin/Liaoning  
Traditionelle Medizinische Universität, China  
03/2004-04/2005 Deutsche Sprachkurs an der Deutschen Sporthochschule  
Köln, Deutschland  
seit 01.04.2005 Promotionsstudium / Deutsche Sporthochschule Köln,  
Deutschland

## ■ Berufserfahrung

07/1996 – 07/1997 Ärztin im Praktikum / Uniklinik Dalian, China  
08/1997 – 08/1998 Assistenzärztin /Huanggu Klinikum der Traditionellen  
Chinesischen Medizin, China  
07/2001 – 03/2004 Lehrkraft für besondere Aufgabe/ Institut für Sport und  
Gesundheit der Hangzhou Normalen Universität ,China  
07/2006-10/2006 Sporttherapeutin im Praktikum/ ProPhysio GmbH am Heilig  
Geist- Krankenhaus  
03/2007-12/2008 Sporttherapeutin /Freie Mitarbeiterin bei ProPhysio GmbH  
am Heilig Geist-Krankenhaus

# **Akupunktur und Bewegungstherapie**

## **bei degenerativer Erkrankung des Kniegelenks**

**— Evaluation der Effektivität eines 12- wöchigen Trainingsprogramms in Kombination mit Akupunktur hinsichtlich Schmerzen, Funktion und Lebensqualität bei Patienten mit Gonarthrose**

### **Zusammenfassung**

#### **Fragestellung**

Hinsichtlich der klinischer Wirksamkeit einer Kombinationstherapie von Akupunktur und Bewegungstherapie im Vergleich zu einer alleinigen Bewegungstherapie wurde überprüft, ob in der Kombinationstherapie eine Schmerzreduktion, eine Funktionsverbesserung der betroffenen Knie sowie eine stärkere Aktivitätssteigerung und Lebensqualität im Alltagsleben erreicht werden.

#### **Methode**

51 Probanden, die zwischen 50 und 75 Jahre alt waren, wurden in der vorliegenden Studie untersucht. Die Probanden wurden in zwei Kombinationstherapie-Gruppen und eine Bewegungstherapie-Gruppe aufgeteilt. Die Bewegungstherapie-Gruppe (Gruppe 1, n=16) trainierte 12 Wochen. Die zwei Kombinationstherapie-Gruppen (Gruppe 2, n=20 und Gruppe 3, n=15) nahmen ebenfalls an der gleichen zwölfwöchigen Bewegungstherapie sowie zusätzlich an einer Akupunkturbehandlung teil. In Gruppe 2 wurde die Akupunktur ab der ersten Woche und in Gruppe 3 ab der siebten Woche des Therapiezeitraums durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Ausdauerleistungsfähigkeit mittels eines Gehtests auf dem Laufband sowie isokinetische Maximalkraftmessung und neuromuskuläre Ansteuerung der Muskulatur (EMG-Messung) der Oberschenkel vor der Behandlung sowie nach sechs und zwölf Wochen Bewegungstherapie erfasst. Die Teilnehmer wurden mittels der Fragebögen WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthrose index und SF-36 zu den Messzeitpunkten 0.Woche, 6. Woche und 12. Woche sowie zur weiteren Verfolgung zwölf Wochen nach Ende der Bewegungstherapie befragt.

#### **Ergebnisse**

Nach der Kombinationstherapie von Akupunktur und Bewegungstherapie zeigte sich in beiden Kombinationsgruppen (Gruppe 2 und Gruppe 3) eine signifikante Reduktion der körperlichen Schmerzen. Eine signifikante körperliche Schmerzlinderung der Gruppe 2 wurde bis zur 6. Woche und der

Gruppe 3 bis zur 12. Woche erreicht. Für die allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit, die isokinetische Maximalkraftmessung, das neuromuskuläre Ansteuerungsverhalten und WOMAC waren keine signifikanten Wirkunterschiede zwischen Kombinationstherapie und alleiniger Bewegungstherapie nachweisbar.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Kombinationstherapie von Akupunktur und Bewegungstherapie die körperlichen Schmerzen besser als alleinige Bewegungstherapie lindern konnte. Je früher in der Bewegungstherapie mit Akupunktur begonnen wurde, desto besser war die Schmerzlinderung. Akupunktur hat keine Auswirkungen auf die Erhöhung der Funktionsfähigkeit bei der Bewegungstherapie.

### **Schlagworte**

Akupunktur, Bewegungstherapie, Gonarthrose, Schmerzen, Ausdauerleistungsfähigkeit, isokinetische Kraft, neuromuskuläre Ansteuerung

# **Acupuncture as a complementary Therapy to the 12-weeks Training Program of Osteoarthritis of the Knee**

## **Abstract**

### **Objectives**

To analyze the efficacy of acupuncture as a complementary therapy to the 12-weeks training program of osteoarthritis of the knee, with respect to pain relief, reduction of stiffness and increased physical function during treatment; changes in the patient's quality of life.

### **Methods**

Fifty-one patients aged 50-75 years were randomized. The research was carried out at the rehabilitation centre of Heilig-Geist-Hospital over a period of two years. The patients were divided into three groups: a control group received only a 12-weeks training program (group 1, n=16) and the intervention groups (group 2, n=20; group 3 n=15) were treated with acupuncture plus a 12-weeks training program. The difference between group 2 and group 3 is: acupuncture was carried out from week 1 to 5 in the training program in group 2 and week 7 to 11 in the training program in group 3. The clinical variable examined included walking tests on a treadmill, isokinetic muscle testing, electromyograph, pain, stiffness and physical function subscales of the Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) osteoarthritis index and the MOS (Medical Outcomes Study) 36-item Short-Form Health Survey (SF-36). Four assessments were made as follows: A: week 1 (first baseline); B: week 6 (end of the 6-weeks training); C: week 12 (end of the 12-weeks training); D: week 24 (12 weeks after the end of the 12-weeks training, only questionnaire).

### **Results**

The SF-36 presented a greater pain reduction in the intervention group 2 and group 3 than in the control group. The pain reduction appeared sooner in group 2 than in group 3. The 12-weeks training program produces significant changes in aerobic capacity, isokinetic strength, neuromuscular control and physical function of WOMAC.

### **Conclusions**

Acupuncture plus a 12-weeks training program is more effective than only a 12-weeks training program for pain reduction in SF-36 of osteoarthritis of the knee. Acupuncture plus a 12-weeks training program is not more effective than only a 12-weeks training program for aerobic capacity, muscle strength and neuromuscular control of osteoarthritis of the knee.

### **Key words**

Acupuncture , Training, Osteoarthritic knee, Pain, aerobic capacity, isokinetic strength, neuromuscular control