

Bachelorarbeit

Kraftverbesserung durch NMES nach Knie-TEP

**Führt NMES zu einer effektiveren Kraftverbesserung der
Mm.quadriceps femoris bei Patienten nach einer Knie-TEP
als Hypertrophietraining?**

Graf Meta
Schaffhauserstr. 41
8400 Winterthur
S07-164-684

Spielhofer Lara
Wartstr. 53
8400 Winterthur
S07-166-028

Departement:
Institut:
Studienjahr:
Eingereicht am:
Betreuende Lehrperson:

Gesundheit
Institut für Physiotherapie
2007
21. Mai 2010
Arnoldus van Gestel

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	3
2	Einleitung	4
2.1	<i>Allgemeine Einführung in das Thema</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Motivation</i>	<i>5</i>
2.3	<i>Problemstellung</i>	<i>5</i>
2.4	<i>Fragestellung.....</i>	<i>7</i>
2.5	<i>Hypothesen.....</i>	<i>7</i>
2.6	<i>Methodik</i>	<i>7</i>
3	Assessment und Intervention	11
3.1	Kraftmessungen.....	11
3.1.1	<i>Isometrische Kraftmessung.....</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>Funktionelle Kraftmessungen.....</i>	<i>12</i>
3.2	Theorie Elektrostimulation	15
3.2.1	<i>Muskelaufbau durch Elektrostimulation.....</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>Indikationen und Einsatzbereich</i>	<i>18</i>
3.2.3	<i>Kontraindikationen</i>	<i>19</i>
3.3	Formen der Elektrostimulation zur Kraftverbesserung	20
3.3.1	<i>Interferenzstrom.....</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Russische Stimulation.....</i>	<i>21</i>
3.3.3	<i>TENS (transkutane elektrische Nervenstimulation).....</i>	<i>21</i>
3.4	Vorteile der Elektrotherapie	22
3.5	Nachteile der Elektrotherapie.....	23
4	Studienergebnisse	24
4.1	Isometrische Kraftverbesserung	24
4.2	Muskelaktivierung.....	26

4.3	<i>Funktionelle Kraftverbesserung</i>	27
4.4	<i>Lebensqualität</i>	28
4.5	<i>Studienqualität</i>	31
5	Diskussion	34
5.1	<i>Wichtigste Ergebnisse</i>	34
5.1.1	<i>Muskelaktivierung</i>	34
5.1.2	<i>Isometrische Kraft</i>	35
5.1.3	<i>Funktionelle Kraft</i>	37
5.1.4	<i>Weitere Effekte</i>	38
5.2	<i>Theorie-Praxis-Transfer</i>	41
5.3	<i>Probleme und Limitationen der Studien</i>	42
5.4	<i>Zukunftsaussicht</i>	44
5.5	<i>Schlussfolgerung</i>	45
6	Zusammenfassung	46
7	Verzeichnisse	47
7.1	<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	47
7.2	<i>Literaturverzeichnis</i>	48
7.3	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	56
7.4	<i>Tabellenverzeichnis</i>	57
8	Danksagung	58
9	Eigenständigkeitserklärung	59
10	Anhang	60

1 Abstract

Hintergrund

Osteoarthritis wird erfolgreich mit Knie-Totalendoprothesen (Knie-TEP) behandelt, wobei Schmerz und Bewegungsausmass schnell verbessert werden, trotzdem bereiten Schwäche und verminderte Aktivierung der musculi quadriceps femoris (Mm. quadriceps femoris) dem Patienten meist noch lange Mühe. Neuere Studien beschreiben die Behandlung mit neuromuskulärer Elektrostimulation (NMES) als zusätzliche Therapie zur Kraftverbesserung. Das Ziel dieses Reviews ist es, die Wirksamkeit von NMES als Behandlungsmassnahme zur Kraftverbesserung der Mm. quadriceps femoris nach Knie-TEP zu untersuchen.

Methodik

In dem vorliegenden Review wurden acht Studien einer Hauptstudienuche auf Pubmed zum Thema Kräftigung der Mm. quadriceps femoris mittels NMES nach einer Knie-TEP nach ihrer Qualität untersucht und miteinander verglichen.

Resultate

Aus diesem vorliegenden Review resultiert keine statistisch signifikante Aussage über die Wirksamkeit von NMES nach einer Knie-TEP in Bezug auf Muskelaktivierung und Kraft der Mm. quadriceps femoris. Trotzdem wird NMES bei Aktivierungsdefiziten empfohlen, da NMES bedeutend zur Rehabilitation beiträgt.

Diskussion

Infolge von meist qualitativ minderwertigen Studien mit nur einem Teilnehmer, kann die Wirksamkeit von NMES zur Kraftverbesserung nicht evaluiert werden. Wegen oft ungleichen Assessments und teilweise ungenau beschriebenen Interventionen, ist der Vergleich zusätzlich erschwert. Die Muskelaktivierung, die isometrische und die funktionelle Muskelkraft zeigen eine tendenziell grössere Verbesserung nach einer NMES-Therapie als nach einem Krafttraining auf. In weiteren Studien werden teilweise signifikante Ergebnisse durch NMES-Therapie bezüglich Extensionsdefizit des Kniegelenks, Hospitalisationsdauer und Lebensqualität beschrieben.

2 Einleitung

2.1 Allgemeine Einführung in das Thema

Laut dem „National Center for Health Statistics“ (DeFrances, Lucas, Buie & Golosinskiy, 2008) wurden in den USA im Jahr 2006 542'000 Knie-TEP-Operationen durchgeführt, weil es eine gute und kosteneffiziente Methode ist, die Patienten von ihren Knieschmerzen und Bewegungseinschränkungen, welche im Zusammenhang mit Osteoarthritis auftreten, zu befreien (Zeni & Snyder-Mackler 2010). Weiter halten DeFrances et al. fest, dass in den USA bei über 65-jährigen von 2000 bis 2006 die Häufigkeit der Knie-TEP um 46% zunahm, bei den 45-64 Jahre alten Patienten hat sich die Zahl in der gleichen Zeitspanne sogar von 13.1 pro 10'000 Personen auf 27.3 pro 10'000 Personen verdoppelt. In der Schweiz wurden laut dem Bundesamt für Statistik (2009) im Jahr 2008 total 13'265 Knie-TEP-Operationen durchgeführt, das sind 17.22 Operationen auf 10'000 Schweizer. Im Jahr 1998 waren dies erst 4.64 Knie-TEP-Operationen pro 10'000 Einwohner.

Obwohl sich die Kraft der musculi quadriceps femoris (Mm. quadriceps femoris) im ersten postoperativen Monat um 60% reduziert (Moffet et al., 2004), wird beim Spitalaustritt der Kraftzustand nicht berücksichtigt (Pettersson & Snyder-Mackler, 2006). Es gibt bisher noch kein strukturiertes und allgemein verwendetes Rehabilitationsprogramm für den Therapieaufbau nach Knie-TEP (Westby et al., 2008). Pettersson et al. (2009) glauben, dass ein solches Programm die funktionellen Resultate nach Knie-TEP deutlich verbessern könnte, da die Patienten zum Teil auch Jahre nach der Operation eine verminderte Kraft und Muskelaktivierung aufweisen (Walsch, Woodhouse, Thomas & Finch, 1998). Das National Institute of Health (zitiert nach Pettersson et al.) erklärte 2003, dass die Wirkung der Rehabilitation nach Knie-TEP eine der am wenigsten erforschten Gebiete ist. Westby et al. halten fest, dass diese kostengünstige Methode bei Osteoarthritis durch die schnelle Zunahme der Operationsanzahl trotzdem sehr hohe Kosten im Gesundheitssystem verursachen wird.

Hohes Alter und Osteoarthritis sind Ursachen für eine Atrophie und einen Muskelfaserabbau, von denen vor allem die Typ II Fasern betroffen sind (Roos, Rice & Vandervoort, 1997). Neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES) führt zu einem

Zuwachs von Typ II Fasern und somit zu einer Kraftverbesserung (Martin, Gundersen, Blevins & Coutts, 1991). NMES hoher Intensität in Kombination mit Krafttraining zeigte bei jungen Erwachsenen nach vorderer Kreuzbandplastik (VKBP) einen größeren Erfolg in der Kraftverbesserung verglichen mit alleinigem Krafttraining (Sisk, Stralka, Deering & Griffin, 1987).

Diese Arbeit soll am Schluss aufzeigen, ob NMES auch nach einer Knie-TEP-Operation eine sinnvolle und signifikante Intervention ist, um die postoperative Kraftverbesserung der Mm. quadriceps femoris zu beschleunigen.

2.2 Motivation

Dieses kontroverse Thema wird vor allem auch als Behandlungsmassnahme nach einer Knie-TEP-Operation mit Skepsis betrachtet, da es eine mögliche Verbrennungsgefahr wegen des Metallimplantates mit sich bringt. In der Praxis wurde festgestellt, dass Elektrotherapien im Verhältnis zu anderen physiotherapeutischen Massnahmen, wie aktive Kraftübungen, für die postoperative Kraftverbesserung eher selten verwendet werden. Andererseits zeigte sich, dass viele Physiotherapeuten sich im Umgang mit Strom unsicher fühlten, wie auch von Wenk (2004) beschrieben wird.

Das Ziel ist eine Evaluation von NMES als Behandlungsmethode für die Kraftverbesserung des operierten Beines nach Knie-TEP durchzuführen, um herauszufinden ob diese wirksamer als Hypertrophietraining ist. Wenn dies der Fall ist, wäre es sinnvoll NMES standardisiert bei allen Patienten nach einer Knie-TEP-Operation zu verwenden. Des Weiteren lässt sich vielleicht eine Stromform als die Geeignete bestimmen. Robertson, Ward, Low und Reed (2006) schlagen Russische Stimulation als idealste Stromform für die Kraftverbesserung vor, wohingegen Fialka-Moser et al. (2005) den Gebrauch von transkutaner elektrischer Nervenstimulation (TENS) bei immobilisierten Patienten nach einer Operation für die Verhinderung einer Muskelatrophie empfiehlt.

2.3 Problemstellung

Wie effektiv Elektrotherapie die Kraftverbesserung fördert, ist in der Literatur wie auch in der Praxis ein umstrittenes Thema. Gefundene Studien, wie die von Risberg, Lewek und Snyder-Mackler (2004) zeigen, dass man die Mm. quadriceps femoris bei Patienten nach VKBP schneller und besser stärken kann, wenn man Krafttraining mit

Elektrotherapie kombiniert einsetzt, anstelle von normalem Krafttraining alleine. Mintken, Carpenter, Eckhoff, Kohrt und Stevens (2007) erklären, dass NMES durch eine Wiedererlernung der Muskelaktivierung das Potenzial hat Aktivierungsdefizite zu vermindern. So kann die Funktion der Mm.quadriceps femoris verbessert werden, was zu einem vermehrten Gebrauch des Muskels und somit auch zur Kraftverbesserung führt. Durmus, Alayh und Cantürk (2007) bewiesen hingegen, dass sich zwischen der Kraftverbesserung mit Elektrostimulation und mit Biofeedback kein statistisch relevanter Unterschied ergab. Diese Ursache führt zu der Frage: Wie signifikant ist die Wirkung von Elektrotherapie, wenn sie allein eingesetzt wird, sowie in Kombination mit aktiver Trainingstherapie, um die Mm.quadriceps femoris zu kräftigen? Wirkt es ebenso gut wie Hypertrophietraining, oder gar noch besser?

Um die Frage einzugrenzen, haben sich die Autoren entschlossen die Wirkung von NMES bei Patienten nach Knie-TEP zu untersuchen. Diese Behandlungsmethode zeigte bei jungen Patienten nach VKBP grossen Erfolg, somit entstand der Gedanke, dass diese Therapieform möglicherweise auch bei Patienten nach Knie-TEP mit Erfolg anwendbar ist. Diese Patientengruppe zeigt bis zu einem Jahr postoperativ noch immer bedeutend schlechtere Muskelkraftwerte auf als gesunde Gleichaltrige (Meier et al., 2008). Der Hauptgrund dafür ist alters- und krankheitsbedingte Muskelatrophie, welche vor der Operation durch einen verminderten Gebrauch bis zu einem Nichtgebrauch der Muskulatur aufgrund von Schmerzen beschleunigt wird. Nach der Operation wird diese durchschnittlich schlechte Ausgangslage der Patienten mit der Muskelaktivierungsschwäche, Schmerz, Schwellung und verminderten Belastungsfähigkeit als Folge der Operation kombiniert, somit wird die ganze Problematik der Muskelschwäche und des Kraftdefizits an Mm.quadriceps femoris verstärkt. Die Autoren sind der Meinung, dass es wichtiger ist die Wirkung von NMES bei Knie-TEP-Patienten zu evaluieren anstelle von jungen VKBP-Patienten, da die Ersteren grundsätzlich länger brauchen, um wieder eine gute Kraft der Mm.quadriceps femoris zu erreichen. Dagegen sind VKBP-Patienten tendenziell eher sportlich und erreichen schneller ihren Kraftwert, welchen sie vor dem Trauma besaßen.

Die steigende Lebenserwartung der Bevölkerung ist ein weiterer Punkt, weshalb es wichtig ist diese Intervention bei Knie-TEP-Patienten zu betrachten, da die Häufigkeit eine Knie-TEP zu erhalten mit dem zunehmenden Alter steigt (Bundesamt

für Statistik, 2009, 1998). Dass sich immer mehr Personen einer Knie-TEP-Operation unterziehen, lässt sich aus statistischen Berichten herauslesen. In der Schweiz erhielten im Jahr 1998 nur 3309 Personen eine Knie-TEP, 2007 waren es bereits 12'849 und im Jahr 2008 total 13'265. Diese gegebene Situation lässt vermuten, dass die Anzahl der Knie-TEP-Operationen in nächster Zukunft weiter zunimmt. Die Suche nach einer idealen Behandlung ist wichtig, damit die Patienten so schnell wie möglich ihre gewohnte oder sogar eine bessere Lebensqualität zurückgewinnen können und die Gesundheitskosten so gering wie möglich gehalten werden.

2.4 Fragestellung

Führt NMES zu einer effektiveren Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris bei Patienten nach einer Knie-TEP als Hypertrophietraining?

2.5 Hypothesen

- 1) Mithilfe von postoperativer NMES-Therapie können die Mm.quadriceps femoris schneller gekräftigt werden als mit Hypertrophietraining.
- 2) NMES führt zu einer besseren Rekrutierung der Muskelfasern. Die Muskelaktivierung wird somit optimiert, das heisst die Fähigkeit den ganzen Muskel aktiv zu kontrahieren nimmt zu.

2.6 Methodik

Für die Literaturrecherche aller Studien wurden folgende Datenbanken durchsucht: Medline, Pubmed, The Cochrane Library, PEDro, CINHAL, Web of Science und AMED. Diese allgemeine Suche fand zwischen September 2009 und April 2010 statt. Vor dem Beginn der Recherche für die Hauptstudien wurde das Thema eingegrenzt und Suchwörter ausgewählt. Zu unseren Hauptstudien kamen wir mit nachstehender Suche auf Pubmed im Januar 2010: „rehabilitation“ (Subheading) OR „Rehabilitation“ (MeSH) OR „Resistance Training“ (MeSH) AND „neuromuscular electric stimulation“ OR „Electric Stimulation Therapy“ (MeSH) AND „Knee Prothesis“ (MeSH) OR „Arthroplasty, Replacement, Knee“ (MeSH). Diese Suche führte zu insgesamt 17 Studien von denen schlussendlich acht im Studienvergleich verwendet wurden.

Die Einschlusskriterien für die Hauptstudien sind:

- Randomisierte kontrollierte Studie (RCT = randomised controlled trial)
- Elektrotherapie als Massnahme zur Kraftverbesserung
- Isometrische oder funktionelle Kraftmessungen als Verlaufszeichen

Die Studie von Meier, Mizner, Dibble, Peters und Lastayo (2008) wurde ausgeschlossen, da es ein Review ist, welches den postoperativen Verlauf von Patienten in Bezug ihrer Kraft beschreibt und nicht auf die Intervention NMES eingeht. Drei weitere Studien wurden ausgeschlossen, weil sie weder Kraft als Verlaufszeichen, noch eine Behandlung mittels Elektrotherapie bei Patienten nach Knie-TEP beschreiben (Di Domenica et. al., 2005; Glass, 2006; Lucas, 2005). Sie fokussieren stattdessen auf Behandlungsformen für Patienten mit Osteoarthritis. Als nächstes wurden vier Studien ausgeschlossen, da sie nicht Kraft als Verlaufszeichen haben, obwohl sie eine Behandlung mittels Elektrotherapie nach einer Knie-TEP beschreiben (Ford, Schrade, Smith, McLean & Dahm, 2005; Gotlin et al., 1994; Smith, Hutchins & Hehenberger, 1983; Walker, Morris, Angulo, Schneider & Colwell, 1991). Die Studie von Martin, Gunderson, Blevins und Coutts (1991) wurde ebenfalls ausgeschlossen, weil sie nur die Veränderung der Typ I und Typ II Muskelfasern nach Elektrostimulation beschreibt und nicht wie sich diese Massnahme in Bezug auf die Kraft auswirkt.

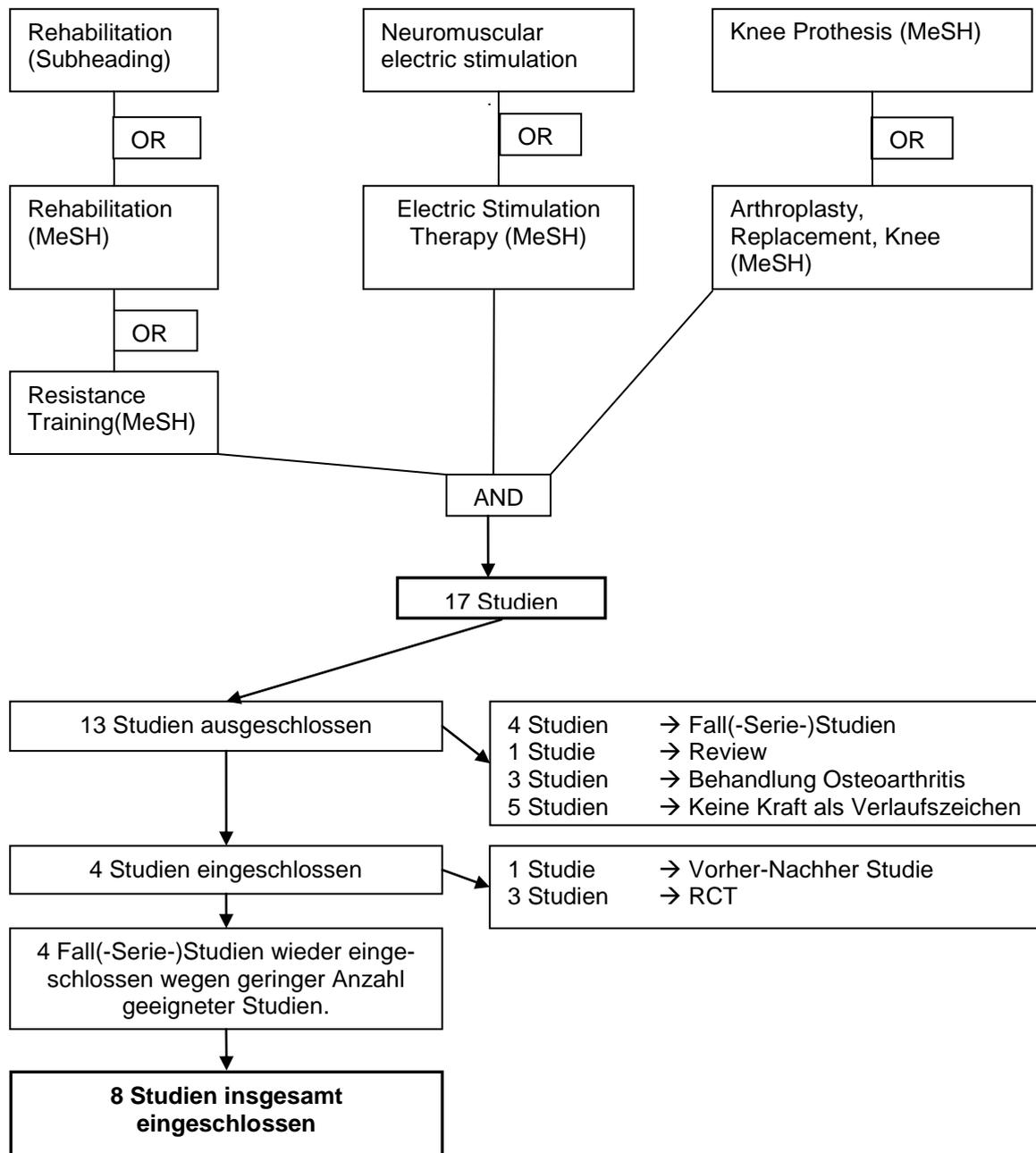


Abbildung I: Hauptstudienuche (Graf & Spielhofer, 2010)

Da es wenige Studien gibt, welche die Einschlusskriterien erfüllen, haben sich die Autoren dazu entschlossen auch Fallstudien zu verwenden. Diese wurden zuerst ebenfalls ausgeschlossen, da diese keine Angaben über die Signifikanz beinhalten. Die Hauptstudien werden mit verschiedenen Studien verglichen, die Kraft nach Knie-TEP untersuchen ohne Elektrotherapie als Massnahme zur Kraftverbesserung anzuwenden. Hierzu muss die Vergleichsstudie die Kraftveränderung in Form der Muskelaktivierung, isometrischer oder funktioneller Kraftassessments angegeben haben.

Am Schluss dieses Kapitels folgen in Tabelle I die eingeschlossenen Hauptstudien für diese Arbeit.

Die eingeschlossenen Studien wurden anhand den „Guidelines for Critical Review Form - Quantitative Studies“ (Law et al., 1998) beurteilt.

Um die Lesbarkeit dieser Arbeit zu verbessern, wird ausschliesslich die männliche Schreibweise verwendet. Obwohl auf die zusätzliche weibliche Formulierung verzichtet wird, beziehen sich die Angaben jeweils auf beide Geschlechter ausser es wird ausdrücklich über eine weibliche Person einer Fallsstudie geschrieben.

Tabelle I: Eingeschlossene Hauptstudien (Graf & Spielhofer, 2010)

Autor (Jahr)	Studientitel	Zeitschrift
Lewek, Stevens & Snyder-Mackler (2001)	The Use of Electrical Stimulation to Increase Quadriceps Femoris Muscle Force in an Elderly Patient Following a Total Knee Arthroplasty.	Physical Therapy
Petterson & Snyder-Mackler (2006)	The Use of Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Activation Deficits in a Patient With Chronic Quadriceps Strength Impairments Following Total Knee Arthroplasty.	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy
Stevens, Mizner & Snyder-Mackler (2004)	Neuromuscular Electrical Stimulation for Quadriceps Muscle Strengthening After Bilateral Total Knee Arthroplasty: A Case Series.	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy
Mintken, Carpenter, Eckhoff, Kohrt & Stevens (2007)	Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Optimize Quadriceps Muscle Function Following Total Knee Arthroplasty.	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy
Petterson et al. (2009)	Improved Function From Progressive Strengthening Interventions After Total Knee Arthroplasty: A Randomised Clinical Trial With an Imbedded Prospective Cohort.	Arthritis & Rheumatism
Avramidis, Strike, Taylor & Swain (2003)	Effectiveness of Electrical Stimulation of the Vastus Medialis Muscle in the Rehabilitation of Patients After Total Knee Arthroplasty.	Archives of Physical Medicine and Rehabilitation
Zeni & Snyder-Mackler (2010)	Early Postoperative Measures Predict 1- and 2-Year Outcomes After Unilateral Total Knee Arthroplasty: Importance of Contralateral Limb Strength.	Physical Therapy
Haug & Wood (1988)	Efficacy of Neuromuscular Stimulation of the Quadriceps Femoris During Continuous Passive Motion Following Total Knee Arthroplasty.	Archives of Physical Medicine and Rehabilitation

3 Assessment und Intervention

3.1 Kraftmessungen

Es gibt verschieden Möglichkeiten die Kraft der Mm.quadriceps femoris objektiv zu messen. Die verwendeten Kraftassessments werden in diesem Kapitel beschrieben. Diese werden grob in zwei Gruppen aufgeteilt: isometrische und funktionelle Kraftmessung.

3.1.1 Isometrische Kraftmessung

Die isometrische Kraftmessung erfasst die Kraft eines Muskels in einer bestimmten Ausgangsstellung ohne Bewegung, dabei gilt die Aufmerksamkeit des Patienten der Kontraktion des Muskels (Stoll, Huber, Seifert, Stucki & Michel, 2002).

Handgehaltener Dynamometer

Haug und Wood (1988) hat die Kraft der Mm.quadriceps femoris mithilfe eines Dynamometers in verschiedenen Ausgangsstellungen von Hand gemessen. In einem rechten Winkel ventral auf die distale Tibia wurde der Dynamometer positioniert und der Patient drückte für drei Sekunden dagegen. Der Reliabilitätskoeffizient beträgt 0.46-0.98 und die Validität stimmt bei den Knieextensoren signifikant mit dem KinCom Dynamometer überein (Oesch et al., 2007).

KinCom Dynamometer

In vielen Studien wurde die Kraft der Mm.quadriceps femoris auf dem KinCom Dynamometer gemessen. Die Ausgangsstellung ist dabei variabel wählbar. Oft wird 75° (Petterson, et al., 2009; Stevens et al., 2004; Zeni & Snyder-Mackler, 2010) oder 60° (Lewek et al., 2001; Mintken et al., 2007; Petterson &

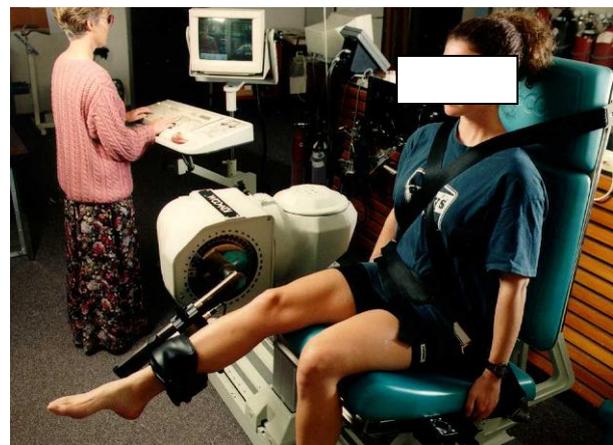


Abbildung II: KinCom Dynamometer

Snyder-Mackler, 2006) Kniegelenksflexion als Stellung ausgewählt. Es wird die isometrische Maximalkraft (MVIC = maximal volitional isometric contraction) des Patien-

ten in Newton mit Hilfe eines Computers gemessen. Diese kann mit dem Body Mass Index (BMI) normalisiert werden: N/BMI (NMVIC = normalized maximal volitional isometric contraction). Die Reliabilität und Validität des KinCom Dynamometers ist von 0.94-0.99 (Farell & Richards, 1968).

Muskelaktivierung

Zusätzlich zum MVIC kann auch die Muskelaktivierung (CAR = central activation ratio) gemessen werden. Bei der MVIC-Messung wird zusätzlich mit einem Elektrogerät ein „Burst Superimposition Test“ durchgeführt. Das bedeutet, dass während einer Muskelkontraktion eine Burststimulation erfolgt, damit der Muskel maximal kontrahiert werden kann. Danach kann die CAR mit folgender Formel ausgerechnet werden: $CAR = MVIC / (MVIC + \text{Burst})$ (Pettersen & Snyder-Mackler, 2006). CAR wird von 0.0 bis 1.0 notiert, wobei 1.0 einer 100% Muskelaktivierung entspricht und alles kleiner als 1.0 repräsentiert eine inkomplette Aktivierung.

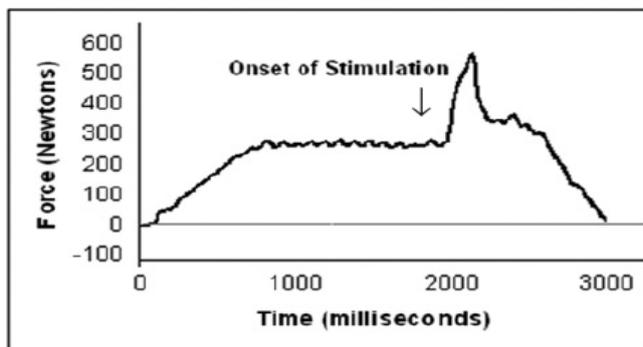


Abbildung III: MVIC-Messung

In der Abbildung III wird ein Beispiel einer CAR-Messung der Mm. quadriceps femoris abgebildet. In diesem Beispiel entspricht die MVIC 269 mit Burst 569 N, was einem CAR-Wert von 0.48 entspricht (Pettersen & Snyder-Mackler 2006).

3.1.2 Funktionelle Kraftmessungen

Buchner, Larson, Wagner, Koepsell und De Lateur (1996) erwähnen, dass eine non-lineare Beziehung zwischen Beinkraft und Gehgeschwindigkeit bei älteren Patienten von 60-96 Jahren besteht. Bei fragilen schwächeren Patienten wirkt sich ein Krafttraining signifikant auf die Gehgeschwindigkeit aus. Hingegen bei Patienten mit durchschnittlicher oder sehr guter Kraft besteht kein Zusammenhang mehr zwischen kräftigerer Beinmuskulatur und Gehgeschwindigkeit. Dieses Ergebnis ist in Abbildung IV dargestellt. Im Bereich B, zu welchem die meisten Patienten nach Knie-TEP ein-

zustufen sind, spielt ein Kraftunterschied eine grosse Rolle im Bezug auf die Gehgeschwindigkeit.

Auch Chandler, Duncan, Kochersberger, und Studenski (1998) kommen zum Schluss, dass ein Kraftzuwachs der unteren Extremität zusammen mit einer Leistungssteigerung des Aufstehens von einem Stuhl, der Gehgeschwindigkeit und des Treppensteigen resultieren. Weiter soll eine grössere Kraft für ein gesteigertes Vertrauen in die Mobilität verantwortlich sein.

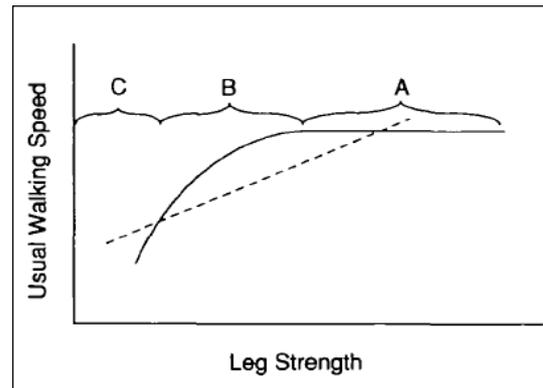


Abbildung IV: Abhängigkeit Kraft und Gehgeschwindigkeit

Weiter soll eine grössere Kraft für ein gesteigertes Vertrauen in die Mobilität verantwortlich sein.

„Timed up and go“-Test (TUG)

Oesch et al (2007) beschreiben den TUG als ein einfaches Testverfahren, um die Mobilität unter anderem bei geriatrischen Patienten zu testen. In der Studie von Samson et al. (zitiert nach Oesch et al., 2007) wird eine Korrelation mit der Leistung der Beinstreckung beschrieben (Korrelationskoeffizient -0.56 bei den Männern und -0.65 bei den Frauen).

Nach Bohannon (2006) beträgt der Normwert gesunder Probanden zwischen 60 und 69 Jahre 9.0, bei 70-79 Jährigen 10.2 sowie bei bis 100 Jährigen 12.7 s. Eine ähnliche Zeit beschreibt Podsiadlo und Richardson (1991) bei zehn gesunden Patienten von 10 s oder weniger beim TUG. Als signifikante Verbesserung kann eine Veränderung von 20% betrachtet werden (Oesch et al., 2007). Kennedy, Stratford, Wessel, Gollish und Penney (2005) haben die minimal erkennbare Veränderung bei 150 Patienten nach Hüft- oder Knie-TEP mit 2.49 s definiert. Dieser Test hat eine hohe Intra- und Intertester-Reliabilität (je 0.99), somit lassen sich die Resultate gut vergleichen (Podsiadlo & Richardson, 1991).

Die Durchführung des TUG, wie von Oesch et al. (2007) beschrieben, braucht wenig Zeit und Material. Es wird die Zeit in Sekunden gemessen, welche der Patient braucht, um von einem Stuhl mit Armlehne aufzustehen, drei Meter zu gehen, umzudrehen und sich wieder zurück auf den Stuhl hinzusetzen. Dabei soll der Patient sein vertrautes Hilfsmittel benützen und seine gewohnten Schuhe tragen. Zu Beginn soll

der Rücken die Rückenlehne berühren und die Arme mit dem Hilfsmittel in der Hand auf der Armlehne parkiert sein. Die Geschwindigkeit soll der Patient so wählen, dass er sicher und komfortabel gehen kann.

6-Minuten-Gehtest (6MGT)

Dies ist wiederum ein einfacher schneller Leistungsfähigkeitstest für Patienten mit Leistungseinschränkungen aufgrund kardio-pulmonaler Probleme, bei geriatrischen Patienten oder nach Knie-TEP (Oesch et al., 2007). Nach Kennedy et al. (2005) beträgt die minimal erkennbare Veränderung 61.3 m bei Patienten nach Hüft- oder Knie-TEP. Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient beträgt 0.94 (Kennedy et al.). Das Testprinzip ist beim 2- oder 3-Minuten-Gehtest das Gleiche. Diese sind dem 6MGT vorzuziehen, wenn die Gehgeschwindigkeit ohne die Leistungsfähigkeit ermittelt werden soll.

Vor Beginn muss eine mindestens 30 m lange ebene Strecke gekennzeichnet werden auf welcher ungehindertes Gehen möglich ist. Die Instruktion sollte etwa „Gehen Sie in den folgenden sechs Minuten so viele Meter, wie Sie können, Pausen sind erlaubt. Sie dürfen nicht rennen“ lauten (Oesch et al., 2007, S.214). Es ist darauf zu achten, dass der Patienten nicht angefeuert wird und wenn, dann nur mit festgelegten Worten. Der Patienten darf auf die übrig bleibende Zeit aufmerksam gemacht werden.

„Stair-climbing task“ (SCT)

Bei diesem Assessment wird der Patient aufgefordert zwölf Treppenstufen so schnell wie möglich sicher hinauf- und hinunterzugehen (Zeni & Snyder-Mackler, 2010). Der Patient darf ein Hilfsmittel oder den Handlauf bei Bedarf benützen. Notiert werden die benötigte Zeit in Sekunden und ein eventuelles Hilfsmittel. Beim „Stair Measure“, welcher mit neun anstelle von zwölf Stufen durchgeführt wird, beträgt der Reliabilitätskoeffizient 0.9 und die minimal erkennbare Veränderung 5.49 s (Kennedy et al., 2005).

3.2 Theorie Elektrostimulation

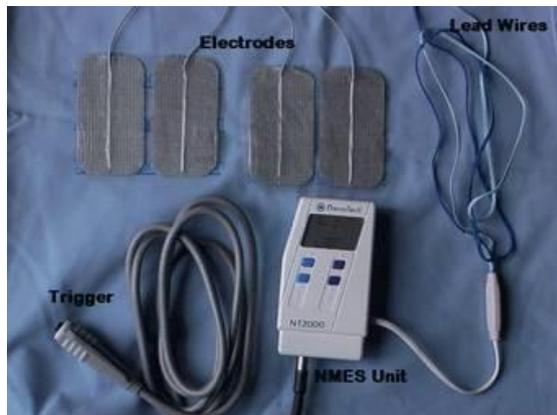


Abbildung V: NMES-Gerät

NMES wird so genannt, da diese Stromform Nerven, sowie Muskeln direkt reizen kann. Die Reizschwelle für Nerven liegt bedeutend tiefer als die der Muskeln. Aus diesem Grund können Muskeln erst bei einer hohen Intensität von 6-8 kHz direkt gereizt werden. Diese Einstellung wird jedoch von den Patienten als sehr unangenehm empfunden, weshalb Intensitäten dieser Höhe in der Praxis nicht verwendet werden.

Bei der gewöhnlich verwendeten NMES wird ein Muskel mittels einer Reizauslösung der Nervenzellmembran stimuliert. Die Erzeugung des Aktionspotentials entsteht indem die Natrium-Ionen-Kanäle der Nervenzellmembran durch einen negativen Spannungsimpuls geöffnet werden. Die erzeugte Ladungsverschiebung führt zu einer Depolarisierung der Ruhemembran (-70 bis -90 mV) bis zum Erreichen des Schwellenwertes. Nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip erfolgt eine Depolarisierung, die ein positives Potenzial von bis zu +20 bis +30mV erreichen kann (Huppelsberg & Walter, 2003).

Cordes, Arnold und Zeibig (1989) beschreiben, dass keine standardisierten Trainingsprogramme zur Kraftverbesserung der Muskulatur durch NMES bekannt sind.

Robertson et al. (2006) erklären, dass Frequenzen über 10 kHz nicht für die Kraftverbesserung verwendet werden, da sonst die Schwingung zu schnell ist, um eine deutliche Antwort der Nervenfasern in Form einer einheitlichen Muskelkontraktion zu erhalten. Sie beschreiben zwei spezielle Arten der Mittelfrequenzströme welche für die Kraftverbesserung geeignet sind: Die Russische Stimulation (2000 Hz, Burst 50 Hz, sinusförmig) und der Interferenzstrom (meistens zwei Wechselströme mit leicht unterschiedlicher Frequenz: Häufig 4000 und 4050 Hz). Auch die niederfrequente Stromform der TENS mit einer Intensität von mindestens 50 Hz kann zur Kraftverbesserung verwendet werden.

Wenk (2004) beschreibt folgende Vorteile von Mittelfrequenzströmen im Gegensatz zu den Niederfrequenzströmen: Erstens ist Metall wegen des ständigen

Polwechsels keine Kontraindikation, zweitens liegt das Wirkungsgebiet der Mittelfrequenzströme in den tieferen Gewebsschichten.

Für die NMES sind laut Fialka-Moser et al. (2005) niederfrequente und mittelfrequente Ströme verwendbar. Die Gemeinsamkeit dieser Stromformen ist, dass beide biphasisch sind. Folglich kann es durch die Ionenwanderung nicht zu einer Verätzung des Gewebes kommen, da sich die Ladungen gegenseitig im Wechsel aufheben. Fialka Moser et al. (2005) zählt vier Unterschiede zwischen der NMES und der aktiven Muskelkontraktion auf:

- Die Motoneuronen werden synchron aktiviert, da sie alle gleichzeitig depolarisiert werden.
- Es werden vorwiegend Typ II Muskelfasern aktiviert, da diese einen geringeren Widerstand aufweisen als die Typ I Muskelfasern.
- Während der Muskelkontraktion besteht gleichzeitig auch eine sensorische Stimulation unter den Elektroden.
- Die Stimulationsfrequenz ist reguliert und die Kontraktionsstärke nimmt mit der Stromstärke zu.

Regitnig-Tillian (2007) beschreibt, dass es zusätzlich die Wymoton Stromform gibt, welche zur Verbesserung der muskulären Ausdauer eingesetzt wird. Dafür werden Sinusströme mit 11 kHz und einer langsamen Amplitudenmodulation verwendet. Da ein solches Gerät nur in wenigen Spitälern vorhanden ist und diese Stromform nicht in den Hauptstudien verwendet wurde, wird nicht weiter auf diese Stromform eingegangen.

3.2.1 Muskelaufbau durch Elektrostimulation

Mintken et al. (2007) erklären den Mechanismus von NMES anhand folgender zwei Theorien:

- Periphere Afferenzen verändern die Erregbarkeit des motorischen Kortex. Diese Theorie wird auch von Robertson et al. (2006) unterstützt.
- Muskelkontraktionen anhand Elektrostimulation einer hohen Intensität führen zu einer Muskelhypertrophie und somit zu einer Zunahme der Kraft.

Folgende Richtlinien für die korrekte Parameterwahl mit dem Ziel der Kraftverbesserung werden von Robertson et al. (2006) angegeben: Die Krafterzeugung im Muskel

und somit die Intensität sollen hoch sein (an gemessenem MVIC angepasst), geringe Repetitionsanzahl (zirka 10, 1- bis 3-mal täglich) und „on-off“ Zyklus 1:3 bis 1:5. Die Stimulationszeit („on“) sollte nicht länger als 5 s betragen, je höher die Intensität ist, desto kürzer sollte die Stimulationszeit sein. Der limitierende Faktor für die Intensität ist die Verträglichkeit. Wechselstrom verbessert die Kraft am besten, wenn dieser mit 1000 Hz Frequenz und 2 ms Burstdauer angewendet wird (Bossert et al., 2006; Robertson et al., 2006). Diese Dosierung ist jedoch sehr unangenehm, aus diesem Grund schlagen sie folgenden Kompromiss zwischen Kraftverbesserung und Verträglichkeit vor: 2.5 kHz Frequenz mit 2-4 ms Burstdauer, was einem Russischen Strom entsprechen würde.

In der Studie von Laughman, Youdas, Garrett und Chao (1983) wurde Kraftverbesserung anhand zwei Interventionsgruppen, eine mit NMES und eine mit Krafttraining, mit den Resultaten einer Kontrollgruppe, welche keine Therapie erhielt, verglichen. Es ergab sich eine signifikante Kraftverbesserung der Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zwischen den beiden Interventionsgruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied, wobei der Kraftzuwachs der NMES-Gruppe größer war (22 anstatt 18%). Entgegengesetzt der bisherigen Meinung, dass ein Übertragungsphänomen nur durch aktives Training gewonnen werden kann, zeigte sich in der NMES-Gruppe ebenfalls eine Kraftverbesserung von durchschnittlich 15% in den nicht behandelten Mm.quadriceps femoris. Die Kraft der nicht therapierten Mm.quadriceps femoris verbesserte sich in der Krafttrainingsgruppe um knappe 11%. Das Übertragungsphänomen gilt also auch ohne willkürliches Krafttraining. Laughman et. al. gehen davon aus, dass die Wirkung auf bejahrte, beeinträchtigte Patienten ähnlich oder gar besser ist als die der gesunden, jungen Probanden ihrer Studie. Elektrotherapie sollte deswegen zur Kraftverbesserung vor allem in der Therapie von Patienten mit Osteoarthritis und Knie-TEP eingesetzt werden, da die Belastung im Gelenk und der daraus resultierende Schmerz geringer ist als im Krafttraining.

Patienten mit Osteoarthritis leiden vor allem unter einer Muskelatrophie der Typ II Muskelfasern (Lewek et al., 2001). Crabic, Appell und Resic (1988) konnten bei jungen, gesunden Probanden einen signifikanten Zuwachs der Typ II Muskelfasern durch Muskelstimulation mit einer sinusförmigen 2500 Hz Frequenz und Pulsbreite

von 0.15 ms bewirken. Auch Sinacore, Delitto, King und Rose (1990) zeigten, dass mittels Elektrotherapie vorwiegend Typ II Muskelfasern aktiviert werden, welche bei chronischen und degenerativen Muskelerkrankungen am ehesten betroffen sind.

3.2.2 Indikationen und Einsatzbereich

Bossert, Jenrich und Vogedes (2006) sowie Wenk (2004) zählen entzündliche, degenerative Erkrankungen, wie mangelnde muskuläre Ausdauer und Durchblutung sowie durch Arthrosen verursachten Schmerz, zu den Indikationen für NMES. Cordes et al. (1989) zählen mehrere Erkrankungen der Mm.quadriceps femoris auf, erwähnen jedoch nicht Knie-TEP als spezifische Indikation. Caggiano, Emrey, Shirley und Craik (1994) zeigten, dass niedrig dosierte Elektrotherapie gleich gute Ergebnisse erzielte wie aktives, niedrig dosiertes Krafttraining bei gesunden, älteren Probanden. Sie empfehlen Elektrotherapie höher zu dosieren, um einen grösseren Kraftzuwachs zu erreichen. Vor allem sollte dies bei älteren Patienten, die aufgrund der physiologischen Muskeldegeneration oder anderen degenerativen Erkrankungen ihre Mm.quadriceps femoris nicht mehr genügend im Krafttraining belasten können, verwendet werden. Als mögliche Indikationen werden Immobilität, Aktivierungsdefizite nach orthopädischen Operationen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, andere körperliche Erkrankungen und Dysfunktionen erwähnt (Caggiano, et al.; Fialka-Moser et al., 2005).

NMES wird bereits nach Operationen oder Erkrankungen des Kniegelenkes, des Schultergelenkes, des Fusses oder der Achillessehne eingesetzt (Fialka-Moser et al., 2005).

Patienten mit rheumatischer Arthritis, welche zusätzlich mit NMES behandelt wurden, zeigten in der Studie von Piva et al. (2007) eine Verbesserung der Kraft und der Funktion der Mm.quadriceps femoris.

Als Intervention bei Patienten nach einer VKB-Operation zeigt NMES grossen Erfolg. Snyder-Mackler, Delitto, Bailey und Stralka (1995) konnten einen Zuwachs der Muskelmasse von 70% am betroffenen Bein, welches NMES einer hohen Intensität erhielt, aufweisen. Die Kontrollgruppen, welche NMES einer tiefen Intensität oder Krafttraining erhielten, erzeugten einen Zuwachs von 51-57%. Weitere Studien zeigen ebenfalls eine signifikante Verbesserung bei Patienten nach einer VKBP, welche

NMES erhielten im Vergleich zu deren Kontrollgruppen (Fitzgerald, Piva & Irrang, 2003; Snyder-Mackler, Delitto, Stralka & Bailey, 1994).

Des Weiteren findet diese Behandlung auch Erfolg in der Anwendung bei allgemeinen Muskelatrophien, welche zum Beispiel als Folge einer chronischen Herzinsuffizienz oder COPD entstehen. Quittan et al. (2001) teilten 42 Patienten mit stabilen Herzinsuffizienzen in eine Gruppe mit NMES-Behandlung und eine Kontrollgruppe auf. Die Erstere zeigte eine wesentliche Kraftverbesserung und Vergrößerung der Muskelmasse der Oberschenkelflexoren und -extensoren. Signifikante Unterschiede ergaben sich auch in der Studie von Neder, Sword, Ward, Mackay, Cochran und Clark (2002) zwischen COPD-Patienten, welche sechs Wochen lang mit NMES behandelt wurden, und denen, die erst nach sechs Wochen mit NMES behandelt wurden. Die periphere Muskelkraft und Ausdauer nach sechs Wochen NMES-Therapie waren wesentlich höher als die anfänglich gemessenen Werte. Die Kontrollgruppenteilnehmer verschlechterten sich in den ersten sechs Wochen, in denen sie keine Therapie erhielten, zeigten jedoch im Zeitraum von sechs bis zwölf Wochen mit NMES-Behandlung ebenfalls eine Verbesserung der Muskelkraft und Ausdauer.

3.2.3 Kontraindikationen

Zu den Kontraindikationen bei Mittelfrequenzstrom gibt es keine aktuellen Studien. Viele der Studien, welche NMES als Behandlungsmassnahme verwenden, leiten ihre Kontraindikationen und Ausschlusskriterien anhand der Wirkungen und Folgen der verwendeten Stromform ab. Diese werden aber nicht spezifisch erläutert, obwohl es dennoch zu Unfällen im Umgang mit NMES kommen kann (Ford et al., 2005). Im Gegensatz zu Hochfrequenzströmen die eine Verbrennungsgefahr mit sich bringen und Niederfrequenzströmen bei denen eine Verätzungsgefahr besteht, fallen solche Gefahren bei Mittelfrequenzströmen weg (Wenk, 2004).

Laut Bossert et al. (2006) bestehen bei Mittelfrequenzströmen folgende absolute Kontraindikation: frische Thrombosen im Behandlungsgebiet, Herz im Behandlungsgebiet, Metallimplantate im Behandlungsgebiet bei nicht nullliniensymmetrischer Mittelfrequenzstrom. Nach Wenk (2004) gehören folgende Erkrankungen zu den absoluten Kontraindikationen: akute bakterielle und virale Prozesse, akuter Ge-

lenksrheumatismus, Arteriosklerose im Stadium III-IV, fieberhafte Erkrankungen, schwere neurologische Erkrankungen (wie Multiple Sklerose, Amyotrophe Lateralsklerose und spastische Spinalparese), Hämophilie, Tuberkulose und Tumore mit Metastasierungsgefahr.

Zu den relativen Kontraindikationen zählt Wenk (2004) elektronische Implantate (zum Beispiel Herzschrittmacher), Thrombose und Schwangerschaft. Zusätzlich wird die Gefahr der Prothesenlockerung aufgezählt, die durch Vibrationen im Muskel, welche auf das Implantat weiter geleitet wird, entstehen kann. Weiter fügt Wenk folgende Merkmale zu den relativen Kontraindikationen hinzu: unabgeklärte Hautveränderungen, Lymphödeme, offene Hautverletzungen, progressive Muskeldystrophie, Schwangerschaft, Menorrhö, Thrombophlebitis, Thrombose, ausgeprägte Varikosis und Verbrennungen.

Ford et al. (2005) erzeugten in ihrer Studie mit einem Patienten nach Knie-TEP eine Verbrennung drittem Grad nach der Anwendung von NMES. Trotzdem kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass es eine sinnvolle Massnahme für die postoperative Behandlung von Patienten nach einer Knie-TEP ist, da erstens die Wunde problemlos verheilt ist und zweitens der Patient danach eine verbesserte Kraft, Muskelaktivierung, Beweglichkeit und weniger Schmerzen hatte. Die Behandlungsziele wurden somit trotz der ungünstigen Elektrodenplatzierung erreicht.

3.3 Formen der Elektrostimulation zur Kraftverbesserung

3.3.1 Interferenzstrom

Robertson et al. (2006) beschreiben, dass Interferenzströme in der Frequenz von 4000-5000 Hz nicht die erfolgreichsten, um eine Kraftverbesserung zu erzielen, jedoch die Angenehmsten sind.

Bei Interferenzstrom handelt es sich, um eine Überlagerung zweier Ströme (zum Beispiel 4000 und 4050 Hz), welche bei der Mischung zweier ähnlicher oder gleicher Stromformen entsteht (Wenk, 2004). Wenn eine Frequenz

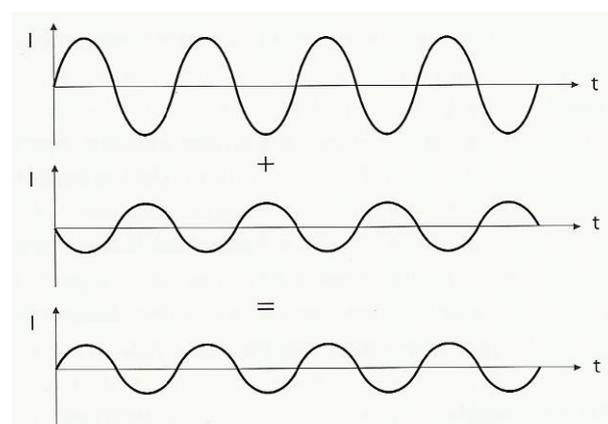


Abbildung VI: Mischung zweier Ströme

auf ihrem Höhepunkt ist, befindet sich die zweite auf ihrem Tiefpunkt und umgekehrt ist. Dies ist in Abbildung VII dargestellt.

3.3.2 Russische Stimulation

Russische Stimulation besteht aus einer Frequenz von 2.5 kHz mit einer Burstfrequenz von 50 Hz. Laut Robertson et al. (2006) eignet sich diese Stromform ideal für die Kraftverbesserung der Muskulatur und Erzeugung von Muskelkontraktionen. Sie beschreiben einen wesentlichen Kraftzuwachs mit der Dosierung von einer 10 ms dauernden Kontraktion gefolgt von 50 ms Pause. Auch die Studienergebnisse von Ward, Robertson und Ioannou (2004) unterstützen die Aussage, dass die Frequenz von 2.5 kHz ideal ist. Zwar würde mit der Dosierung von 1 kHz ein besseres Ergebnis erzielt werden, jedoch wird diese Frequenz als sehr unangenehm beschrieben, weshalb von dieser abgeraten wird.

3.3.3 TENS (transkutane elektrische Nervenstimulation)

Wenk (2004) und Bossert et al. (2006) beschreiben TENS als Analgesiemassnahme zur Heimbehandlung. Wenk beschreibt TENS als Rechteckimpulsstrom mit Impulszeiten im Bereich von 0.03-0.4 ms. Die Pausen betragen 5-100 ms und die Frequenz ist zwischen 10-200 Hz.

Laut C. Dohnal (personal communication, 18. März, 2010) kann TENS auch zur Kräftigung der Muskulatur eingesetzt werden. Die phasische Muskulatur kann mit 80 Hz, die tonische Muskulatur mit 30-40 Hz stimuliert werden. Robertson et al. (2006) empfehlen eine Frequenz von mindestens 50 Hz wenn Kraftverbesserung das Therapieziel ist.

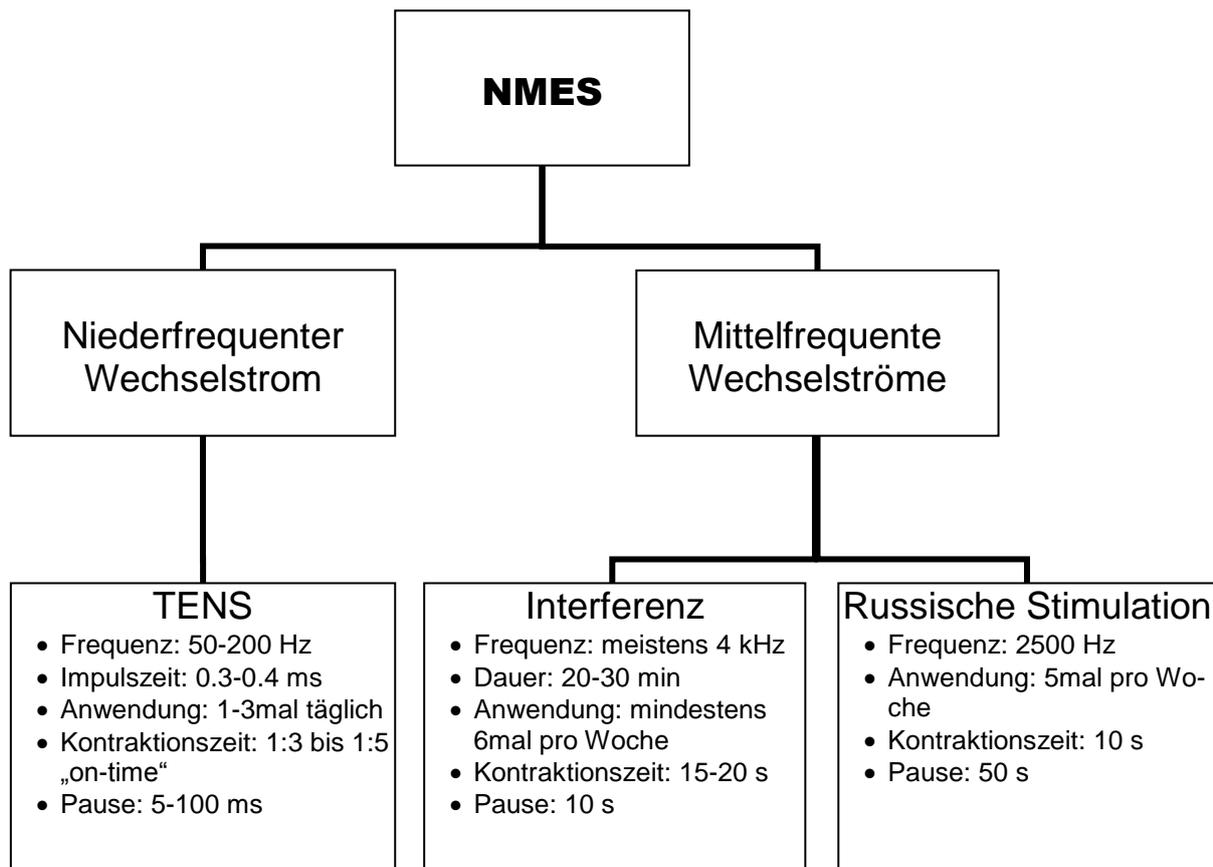


Abbildung VII: Stromformen (Graf & Spielhofer, 2010)

3.4 Vorteile der Elektrotherapie

Es gibt folgende drei Erklärungen weshalb NMES zu einem erfolgreicherem Ergebnis bezüglich der Kraftverbesserung führen könnte als gewöhnliches Krafttraining (Robertson et al., 2006).

- Veränderung der Rekrutierungsreihenfolge: Typ I und Typ II Muskelfasern werden simultan rekrutiert anstatt nacheinander, was zu einer höheren Maximalkontraktion führt. Des Weiteren wird laut Martin, Gunderson, Blevins und Coutts (1991) vor allem Muskelfasertyp II aktiviert, welche für die Kraft zuständig ist.
- Die neuralen Mechanismen werden durch Elektrostimulation verändert. Nicht nur sichtbare Efferenzen, sondern auch Afferenzen werden gereizt, welche corticospinale Veränderungen mit sich bringen. Das veränderte Zusammenspiel der Nervenfasern verändert also auch den Bewegungsablauf durch die Plastizität des Gehirns.

- Elektrostimulation kann zu Muskelkontraktionen und eventuell gleichzeitig auch zu Schmerzlinderung führen. Aus diesem Grund wird die Kontraktion vom Patienten eher zugelassen. Dahingegen können willkürliche Kontraktionen aufgrund des Schmerzes, den sie auslösen, vom Patienten entweder gar nicht oder abgeschwächt durchgeführt werden, was weniger effizient ist in Bezug auf die Optimierung der Muskelkraft.

Fialka-Moser et al. (2005) zählen folgende Vorteile der Behandlung mittels NMES auf:

- Der gesamte kontraktile Apparat wird aktiviert.
- Die Dauer der Muskelanspannung ist länger.
- Ermüdungsprozesse des ZNS werden umgangen.
- Einzelne Muskeln und Muskelgruppen werden gezielt trainiert.
- Es entstehen zusätzliche reflextherapeutische Effekte.
- Erfolge werden ohne eine psychische Belastung erreicht.
- Training in der Immobilisationsphase wird möglich.
- Das kardiovaskuläre System erfährt eine geringe Belastung.

3.5 Nachteile der Elektrotherapie

Als Nachteile der NMES zählen Fialka-Moser et al. (2005) folgende Punkte:

- Das Rekrutierungsmuster ist nicht physiologisch.
- Muskelanteile werden erregt.
- Die sensible Belastung ist höher als bei einer physiologischen Kontraktion.
- Maximale Kontraktionskraft durch NMES ist geringer als die willentlich auslösbare MVIC.
- Exzentrische Muskelkontraktionen sind durch NMES nicht auslösbar.

4 Studienergebnisse

In diesem Kapitel werden die Hauptstudien mit ihren wichtigsten Ergebnissen vorgestellt. Diese werden im nächsten Kapitel miteinander verglichen, um die erstellten Hypothesen zu bestätigen oder zu verwerfen.

4.1 *Isometrische Kraftverbesserung*

In einer RCT mit 241 Knie-TEP-Patienten von Petterson et al. (2009) wurde die Effektivität von Elektrotherapie, die zwei bis drei mal wöchentlich über sechs Wochen angewendet wurde, untersucht. Die Interventionsgruppe wurde in eine NMES-Gruppe und eine Krafttrainingsgruppe mit je 100 Teilnehmern aufgeteilt. In dieser Studie wurde nur eine geringe Kraftverbesserung in der NMES-Gruppe gegenüber der Krafttrainingsgruppe festgestellt, welche jedoch nicht signifikant war ($p > 0.08$). Im Vergleich mit einer Kontrollgruppe, welche externe Physiotherapie erhielten, war die Kraftverbesserung signifikant ($p = 0.007$).

Zenir und Snyder-Mackler (2010) untersuchten in einer Vorher-Nachher-Studie mit 155 Teilnehmern, welche ein standardisiertes Trainingsprogramm inklusive NMES-Therapie durchführten, die Kraft der Mm.quadriceps femoris als zuverlässigen Prädiktor für funktionelle Testresultate. Die Kraft des operierten Beines steigerte sich von 9.99 [4.1] präoperativ auf 20.7 [8.5] N/BMI ein Jahr postoperativ, respektive 20.6 [8.8] N/BMI zwei Jahre postoperativ. Im Gegensatz dazu verminderte sich die Kraft des kontralateralen Beines von 24.0 [8.7] auf 22.7 [9.4] N/BMI ein Jahr postoperativ, respektive 21.0 [9.3] N/BMI nach zwei Jahren postoperativ.

2004 führten Stevens et al. eine Fallserie-Studie mit acht Teilnehmern durch, um die Effektivität von NMES auf die Kraftverbesserung und Aktivierung nach bilateraler Knie-TEP-Operation zu evaluieren. Die Kraft der Mm.quadriceps femoris des schwächeren Beines nahm mit zusätzlicher NMES-Therapie um 221-451% zu im Gegensatz zu den Kontrollpatienten, bei welchen sich die Kraft um 41-148% verbesserte. Die Kraft der kontralateralen Mm.quadriceps femoris nahm prozentual bei Patienten mit NMES-Behandlung mehr zu als bei den Kontrollpatienten (50-152% im Vergleich

zu 30-71%). Von den fünf mit NMES therapierten, schwächeren Beinen überholten vier die Kraft ihres ursprünglich stärkeren Beines.

In der Fallstudie von Mintken et al. (2007) wurde der Verlauf einer Patientin mit unilateraler Knie-TEP rechts beschrieben. Diese Studie empfiehlt aufgrund guter Resultate den frühen Einsatz (innerhalb von 48 Stunden postoperativ) von NMES nach Knie-TEP zur Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris. Die Kraft des operierten Beines der Patientin verbesserte sich mit zusätzlicher NMES-Therapie von zirka 65 bis fast 100 Nm. Im Gegensatz dazu verschlechterte sich die Kraft des nicht-operierten Beines um etwa 10 Nm, sowie die Kraft der ischiokruralen Muskulatur des operierten Beines, welches nicht mit NMES therapiert wurde.

2006 führten Petterson und Snyder-Mackler eine Fallstudie mit einem Patienten nach einer bilateralen Knie-TEP durch. Beim schwächeren linken Bein wurde nach einem Jahr postoperativ zusätzlich zu einem intensiven Krafttraining auch NMES für sechs Wochen angewendet, da der Patient mit dem bis dahin erreichten Resultat unzufrieden war. Am Schluss der NMES-Therapie war die Kraft der linken Mm.quadriceps femoris um 286 N oder 26% angestiegen und somit nur noch 4% und nicht mehr 25% schwächer als das rechte Bein wie vor diesen sechs Wochen. Präoperativ war das rechte Bein (997 N) wesentlich stärker als das Linke (793 N), nach einem Jahr postoperativ überholte die Kraft der linken Mm.quadriceps femoris (910 N) die der Rechten (853 N).

In der RCT von Haug und Wood (1988) wurde der aktive Bewegungsumfang (ROM = Range of motion) und die Kraft nach einer Knie-TEP-Operation in einer Kontrollgruppe mit passiver Bewegungstherapie (CPM = continous passive motion), sowie in einer Interventionsgruppe mit NMES und CPM untersucht. Die Interventionsgruppe erzielte viel versprechendere Resultate in der Kraftverbesserung bis zum Austritt (durchschnittliche Spitalaufenthaltsdauer: 10 Tage) als die Kontrollgruppe (durchschnittliche Spitalaufenthaltsdauer: 12.5 Tage). Die Kraft wurde unter anderem am ersten postoperativen Tag und am Austrittstag in 35° Knieflexion gemessen. Die In-

terventionsgruppe erzielte 1.3 und 7.6 kg, die Kontrollgruppe hingegen nur 1.0 und 5.4 kg.

Lewek et al. (2001) untersuchten in ihrer Fallstudie die Kraft bei einem Patienten nach einer Knie-TEP, der ab der dritten postoperativen Woche zwei bis drei mal wöchentlich mit NMES über acht Wochen lang behandelt wurde. Der Patient verbesserte sich von der dritten postoperativen Woche mit 95 auf 176 Nm im vierten postoperativen Monat. Sein kontralaterales Bein erzeugte in derselben Zeitspanne eine Kraftverbesserung von 176 auf 217 Nm.

4.2 Muskelaktivierung

In der Studie von Petterson et al. (2009) wird keine signifikante Verbesserung des CAR zwischen der Interventionsgruppe, welche zusätzlich NMES erhielt, und der Krafttrainingsgruppe erzielt. Der Zuwachs in der NMES-Gruppe beträgt 0.11 (14%) im Gegensatz zu 0.07 (9%) der Krafttrainingsgruppe.

Stevens et al. (2004) fanden heraus, dass Patienten nach einer Knie-TEP-Operation, welche zusätzlich mit NMES behandelt wurden, sechs Monate postoperativ einen durchschnittlichen Zuwachs des CAR von etwas mehr als 50% zeigten. Der Wert der Kontrollteilnehmer nahm in dieser Zeitspanne von 0.89 auf 0.85 ab. Das kontralaterale Bein der NMES-Gruppe nahm durchschnittlich um den CAR-Wert von 0.08 zu, was auf das Übertragungsphänomen zurückzuführen ist.

Die Aktivierung der Mm.quadriceps femoris der Patientin aus der Studie von Mintken et al. (2007) erreichte einen CAR-Wert von 0.94 drei Monaten nach der Operation im Gegensatz zu den präoperativen 0.73. Die Aktivierung der kontralateralen Mm.quadriceps femoris steigerte sich von 0.98 bis 0.99.

In der Fallstudie von Petterson und Synder-Mackler (2006) nahm das kräftigere operierte Bein im Verlauf von zwei Jahren um den Wert von 0.08 zu. Das schwächere Bein, welches NMES erhielt, hatte einen CAR-Wert von 0.83 vor der NMES-Therapie, nach zwei Jahren erreichte es wie das kontralaterale Bein eine Aktivierung von 1.0. Der CAR-Wert beider Beine nahm während den ersten neun postoperativen

Monaten vorerst ab, danach jedoch stetig zu bis beide eine volle Aktivierung nach zwei Jahren erreichten.

4.3 Funktionelle Kraftverbesserung

Signifikante Verbesserungen der funktionellen Kraft nach Gebrauch von NMES konnten in der Studie von Zeni und Snyder-Mackler (2010) aufgezeigt werden. Die Geschwindigkeit für den TUG-Test konnte von präoperativen zirka 12 auf 8 s zwei Jahre nach der Operation gesenkt werden ($p < 0.001$). Die benötigte Zeit für den SCT wurde von etwa 27 auf 12 s verkürzt ($p < 0.001$).

Mintken et al. (2007) hingegen konnten mit allen Messungen für die funktionelle Kraft nach der dritten postoperativen Woche eine Verschlechterung feststellen. Danach verbesserte sich der SCT-Wert der Patientin von 11.2 s in der dritten postoperativen Woche auf 7.9 s in der zwölften postoperativen Woche. Im SCT betrug die Verbesserung 30% von präoperativ 18 auf 13 s zwölf Wochen postoperativ. Im 6MGT steigerte sich die Patientin im gleichen Zeitraum um etwa 7%, beziehungsweise konnte 34.7 m weiter gehen.

Im zwölften postoperativen Monat zeigte sich in der Studie von Petterson et al. (2009) eine um 33% schnellere Zeit im TUG von präoperativ 12.1 auf 8.07 s. Die Verbesserung des SCT innerhalb zwölf Monaten betrug 50%, so verbesserten sich die Patienten durchschnittlich von 27.51 auf 13.62 s. Im 6MGT steigerten sich die Patienten um 36% von 401 auf 545 m. Die Krafttrainingsgruppe verbesserte sich bei diesen drei Assessments etwas mehr als die Interventionsgruppe mit NMES (TUG 36%, SCT 54%, 6MGT 38%).

In der Fallstudie von Petterson und Snyder-Mackler (2006) steigerte sich der Patient ebenfalls im TUG, SCT sowie 6MGT im Vergleich zum präoperativen Wert. Die grösste Verbesserung erzielte er innerhalb den sechs Therapiewochen im 6MGT, bei welchem er 1059 anstelle von 944 m lief.

Eine signifikante Steigerung der Gehgeschwindigkeit des 3MGT zeigte sich in der perspektiven RCT mit 30 Patienten von Avramidis et al. (2003). Die Patienten stei-

geren sich von 135.5 auf 188.2 m ($p < 0.0001$) innerhalb eines Zeitraums von zwölf Wochen. Dies ist im Vergleich zur Kontrollgruppe (von 140.6 auf 155.9 m) ein signifikanter Unterschied.

4.4 Lebensqualität

Dieses Kapitel beschreibt keine Kraftassessments, sondern fokussiert sich auf die veränderte Selbsteinschätzung der Patienten und deren Lebensqualität. Eine Verbesserung der Lebensqualität ist ein Indiz, dass sich die Kraft funktionell und isometrisch gesteigert hat (Pettersen & Snyder-Mackler, 2006). Um diese zu erfassen benutzten Studien den „Short Form 36“ (SF-36), „Knee injury and Osteoarthritis Outcome Survey“ (KOOS), „Hospital for Special Surgery (HSS) Knee Score“, „Global Knee Rating Score“ (GRS), sowie das „Knee Outcome Survey“ (KOS). KOOS, HSS und KOS besitzen sogar Abschnitte über den Einsatz des Knies im Alltag.

Von präoperativen 36.4 Punkten im SF-36 steigerte sich die Patientin in der Studie von Mintken et al. (2007) auf einen Wert von 45.5 Punkten nach zwölf Wochen. Die Patientin hat sich, nach einer anfänglichen Verschlechterung bei der Bewertung in der dritten postoperativen Woche, dennoch insgesamt um fast 10 Punkte verbessert. Auch im KOOS war eine Steigerung der Selbsteinschätzung sichtbar. Eine starke Zunahme in den Kategorien der Lebensqualität um etwa 45 Punkte, der Activities of Daily Living (ADL) um zirka 35 Punkte, sowie der Symptome um annäherungsweise 35 Punkte.

Pettersen et al. (2009) liessen ihre Patienten zwei Bereiche des SF-36 auswerten: Den Teil der Beurteilung der physischen, sowie der psychischen Komponente. Im Ersten war eine Optimierung von 30.76 [7.75] auf 46.05 Punkten bei der Interventionsgruppe, was einer Steigerung von 50% entspricht, und bei der Krafttrainingsgruppe von 29.59 [6.57] auf 46.74 Punkten ersichtlich, im zweiten Teil des SF-36 veränderte sich die Punkte in der Interventionsgruppe durchschnittlich von 51.43 [10.69] auf 56.63 Punkte und in der Krafttrainingsgruppe von 50.40 [11.98] auf 57.16 Punkte. Vom KOS wurden die Teiltests für ADL und Schmerz verwendet. Die Interventionsgruppe schätzten im zwölften postoperativen Monat ihren Schmerz 63% geringer ein (von 2.24 auf 0.82 Punkte von maximalen 5 Punkten) und verbesserten sich im Be-

reich für die ADL von 0.59 auf 0.85 (1.0 entspricht keiner Einschränkung), die Krafttrainingsgruppe verbesserte sich um 64% respektive von 0.57 auf 0.86.

In der Studie von Petterson und Snyder-Mackler (2006) waren die zwei verwendeten Fragebögen, KOS ADL und GRS, ein Jahr postoperativ mit den funktionellen Tests widersprüchlich. Die schlechte Bewertung der Lebensqualität gegenüber guter Ergebnisse objektiver Assessments wurde als Ausdruck für die Unzufriedenheit des Patienten ausgewertet.

In der Studie von Zeni und Snyder-Mackler (2010) wurde für die Selbsteinschätzung der KOS-ADL verwendet. Hier zeigten die Patienten eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$, von etwa 55 auf 85%) ein Jahr postoperativ. Die Patienten zeigten keine Veränderung im KOS vom ersten postoperativen Jahr auf das zweite postoperative Jahr.

Avramidis et al. (2003) notierten eine nicht signifikante Verbesserung von 26.6 Punkten des HSS Knee Score von 58.1 auf 84.7 Punkte im Gegensatz zur Kontrollgruppe, welche sich von 62.4 auf 81.2 Punkte steigerte.

Tabelle II: Studienvergleich (Graf & Spielhofer, 2010)

Autor (Jahr)	Design (Anzahl Teilnehmer)	Main Outcome	Signifikanz
Zeni & Snyder-Mackler (2010)	Vorher-Nachher-Studie (155)	<ul style="list-style-type: none"> Die Kraft des nicht-operierten Beines und das Alter sind die Hauptvariablen, welche das Einjahres- und Zweijahresergebnis des TUG und SCT beeinflussen. BMI und Schwächen des Patienten sollten mitbehandelt werden, um bessere Resultate zu erzielen. 	TUG: Ja ($p < 0.001$) SCT: Ja ($p < 0.001$) KOS: Ja ($p < 0.001$)
Petterson et al. (2009)	RCT (241)	<ul style="list-style-type: none"> Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Interventionsgruppen. Der Unterschied in Kraft, Funktion und Selbsteinschätzung im Vergleich zur Kontrollgruppe ist signifikant, darum ist Hypertrophietraining entscheidend für die Kraftverbesserung nach Knie-TEP. 	Ja zur Kontrollgruppe: Kraft($p < 0.007$), TUG($p < 0.004$), SCT($p < 0.001$) 6MGT($p < 0.003$) Nein zwischen Interventionsgruppen ($p > 0.08$)
Mintken et al. (2007)	Fallstudie (1)	<ul style="list-style-type: none"> Grössere Fortschritte, als in vergleichbaren Studien beschrieben, wurden in Kraft und Aktivierung der Mm.quadriceps femoris wurden in den ersten drei Wochen postoperativ mit früher NMES-Therapie erreicht. 	n.a.
Petterson & Snyder-Mackler (2006)	Fallstudie (1)	<ul style="list-style-type: none"> Auch eine Therapie ein Jahr postoperativ mit NMES und Krafttraining führte zu guten Ergebnissen (Kraft und Aktivierung), folglich wird es weiterempfohlen. 	n.a.
Stevens et al. (2004)	Fall-Serie-Studie (8)	<ul style="list-style-type: none"> Die NMES-Therapie ermöglichte schnellere und grössere Kraftverbesserung und bessere Aktivierung der Mm.quadriceps femoris als nur Krafttraining. NMES ist in den ersten drei Wochen zur Kraftverbesserung als Ergänzung zum Krafttraining empfehlenswert. 	n.a.
Avramidis et al. (2003)	Prospektive RCT (30)	<ul style="list-style-type: none"> NMES ist eine effektive Behandlungsmethode nach Knie-TEP, um die Gehgeschwindigkeit zu steigern, welcher auch nach der Behandlungszeit anhält. Zusätzliche NMES-Therapie soll die Rehabilitationszeit vor allem bei Patienten mit schwachen Mm.quadriceps femoris beschleunigen. 	3MGT: Ja ($p < 0.0001$)
Lewek et al. (2001)	Fallstudie (1)	<ul style="list-style-type: none"> Der Patient gewann mehr Kraft in weniger Zeit im Vergleich mit Resultaten aus bisherigen Studien. 	n.a.
Haug & Wood (1988)	RCT (unklar, zirka 26)	<ul style="list-style-type: none"> Mit Elektrotherapie konnte das Extensionsdefizit nach Knie-TEP signifikant reduziert werden. Zusätzlich war die Spitalaufenthaltsdauer in der NMES-Gruppe geringer als in der Kontrollgruppe (10 anstelle von 12.5 Tage). 	Extensionsdefizit: Ja ($p = 0.01$) Kraft: Nein ($p = 0.02$)

n.a.= nicht anwendbar

4.5 Studienqualität

In diesem Kapitel werden die auffälligsten Kriterien der Studienqualität der Hauptstudien nach den „Guidelines for Critical Review Form - Quantitative Studies“ (Law et al., 1998) aufgeführt. Vorwegzunehmen ist, dass grundsätzlich wenige wissenschaftliche Publikationen mit guter Qualität über dieses Thema bisher veröffentlicht wurden. Dies bemängelten auch von Monaghan, Caulfield und O’Mathúna (2010), welche bis Januar 2008 nur eine qualitativ gute Studie über Kraftverbesserung mit NMES nach einer Knie-TEP fanden. Im Voraus ist weiter zu erwähnen, dass in keiner Studie weder eine zusätzliche Behandlung noch eine Beeinflussung der Teilnehmer vermieden wurde, dafür standen in jeder Hauptstudie genügend Hintergrundinformationen zur Verfügung

Der Studienzweck von Zeni und Snyder-Mackler (2010) ist klar ersichtlich. Das verwendete Design einer Vorher-Nacher-Studie eignet sich nicht ideal für ein Review. Es wird dennoch verwendet, da die in den Einschlusskriterien beschriebenen Verlaufszeichen untersucht wurden und alle Teilnehmenden NMES als Intervention erhielten. Zusätzlich ist die Stichprobengrösse mit 155 Teilnehmern, welche allerdings nicht im Detail beschrieben wurde, gross. Die Verlaufszeichen sind verlässlich und valide. Die Intervention und deren Ergebnisse bezüglich der Signifikanz sind detailliert beschrieben. Die Schlussfolgerung war angesichts der Methoden angemessen und die klinische Bedeutung wurde bezüglich statistischer Signifikanz beschrieben.

Petterson et al. (2009) haben eine randomisierte und prospektive Kohortenstudie durchgeführt. Das Studiendesign wurde dem Studienzweck angepasst, ebenfalls enthält die Studie eine grosse Stichprobengrösse und die Verlaufszeichen sind valide und bezüglich der Signifikanz ausgewertet. In dieser Studie wurden die Patienten ausführlich beschrieben, sowie alle Therapieabbrüche gemeldet. Von diesen brachen allerdings die meisten wegen der unangenehmen NMES-Therapie ab. Ebenfalls ungünstig ist, dass die Kontrollgruppe nicht randomisiert wurde. Die Tatsache, dass die Kontrollgruppe signifikant mehr Therapiesitzungen ($p < 0.001$) als die Intervention- und Krafttrainingsgruppe hatte, verstärkt den Unterschiede der Resultate noch mehr.

Die Fallstudie von Mintken et al. (2007) zeigt einen klar ersichtlichen Studienzweck auf. Die Patientin, sowie die Interventionen wurden im Detail beschrieben. Die Verlaufszeichen der Ergebnisse sind verlässlich und valide. Die Resultate sind angemessen analysiert und mit anderen Studien verglichen worden, um eine Aussage, auch wenn nicht signifikant, machen zu können.

Die zweite Fallstudie von Petterson und Snyder-Mackler (2006) ist qualitativ ähnlich wie die von Mintken et al. (2007). Die validen Verlaufszeichen, der Patient und seine Geschichte wurden detailliert beschrieben. In dieser Studie ist der Patient besonders motiviert und stellt sich selber sehr hohe Ziele, aus diesem Grund wird die Verallgemeinerung der Resultate schwierig, da eine solche Motivation nicht vorausgesetzt werden kann und die Resultate beeinflusst. Ausserdem entsprachen seine präoperativen Werte bereits mehr als der Durchschnitt gesunder Patienten in seinem Alter.

Stevens et al. (2004) bewerten in ihrer Fallseriestudie mit acht Teilnehmern den Effekt von Krafttraining mit und ohne NMES nach einer Knie-TEP. Folglich kann auch diese Studie kein signifikanter Unterschied berechnen. Die Verlaufszeichen waren jedoch angemessen, um den Erfolg der Intervention zu messen und ausführlich miteinander zu vergleichen, um eine Empfehlung abzugeben. Die Untersucher waren bei den Assessments verblindet, durften aber die Patienten verbal motivieren, welches ein nicht-messbarer Faktor darstellt.

Die Studienqualität der prospektiven RCT von Avramidis et al. (2003) ist qualitativ gut, da die Kriterien genau beschrieben wurden. Mit 30 Teilnehmern ist die Anzahl eher an der unteren Grenze, um eine allgemeine klinische Relevanz abzuleiten. Leider wurde die Kraft in dieser Studie nicht isometrisch gemessen und es wurden keine Limitationen genannt.

Die dritte Fallstudie von Lewek et al. (2001) erfüllt bezüglich der Verlässlichkeit und Validität der Verlaufszeichen die Kriterien. Leider wurden die Werte der Assessments nicht exakt oder in unüblichen Einheiten erwähnt. Die Analysemethoden und die Interventionen sind detailliert beschrieben und angemessen ausgewählt. Auch hier war

der Patient ausserordentlich motiviert und aufgrund des Designs kann keine signifikante Aussage abgeleitet werden.

Haug und Wood publizierten 1988 ein RCT mit klar ersichtlichem Studienzweck. Die Stichprobe war hier detailliert, aber widersprüchlich beschrieben, die Angaben über Teilnehmer- und Knie-TEP-Anzahl stimmen nicht überein. Zusätzlich ist der Zeitpunkt der Messungen nicht jedes Mal klar beschrieben. Es wurde weiter keine Langzeitmessung vorgenommen, um den Effekt zu untersuchen. Die Verlaufszeichen und die Interventionen sind detailliert beschrieben und geeignet. Der von Hand gehaltene Dynamometer ist jedoch von der Kraft des Tester abhängig.

5 Diskussion

Das Ziel des vorliegenden Review ist die Effektivität von NMES in Bezug auf die Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris nach einer Knie-TEP-Operation zu untersuchen. Die Resultate von acht Hauptstudien mit NMES als Intervention werden weiter mit Studien ohne NMES-Therapie verglichen, um eine mögliche Empfehlung abzugeben und beide Hypothesen, die Mm.quadriceps femoris durch NMES besser aktivieren und dieselben Muskeln schneller als mit Krafttraining stärken zu können, zu evaluieren. Jedoch ist die Qualität der Studien, welche zur Beantwortung dieser Hypothesen verwendet wurden, nicht optimal. Alle ausser einer Studie unterstützen den Gebrauch von NMES nach einer Knie-TEP-Operation, obwohl die Resultate aus den Assessments nicht immer relevant sind oder die Signifikanz nicht berechnet werden konnte. Die Muskelaktivierung, die isometrische sowie die funktionelle Muskelkraft zeigen eine tendenzielle grössere Verbesserung nach einer NMES-Therapie als nach einem Krafttraining auf. In weiteren Studien werden teilweise signifikante Ergebnisse durch NMES-Therapie bezüglich Extensionsdefizit des Kniegelenks, Hospitalisationsdauer und Lebensqualität beschrieben.

5.1 Wichtigste Ergebnisse

5.1.1 Muskelaktivierung

Die Muskelaktivierung wurde in vier Hauptstudien betrachtet, davon konnten die Fallstudien von Stevens et al. (2004), Mintken et al. (2007) sowie Petterson und Snyder-Mackler (2006) aufgrund der zu geringen Teilnehmeranzahl keine Signifikanz evaluieren. Sie bewerten den Fortschritt ihrer Patienten dennoch als erfolgreich und empfehlen die Kombination von NMES zusammen mit Krafttraining zur Behandlung von Aktivierungsdefiziten nach einer Knie-TEP. Petterson et al. (2009) konnten hingegen keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei Interventionsgruppen feststellen. Die Studie von Stevens et al. weist eine Verbesserung des Patienten im CAR-Wert von 0.59 präoperativ nach 0.84 drei Monate postoperativ auf. Eine wesentlich geringere Verbesserung zeigt der Durchschnitt der Studienteilnehmer von Petterson et al., die sich von einem präoperativen Wert von 0.78 auf einen Wert von 0.82 innerhalb drei Monate verbesserten. J. A. Zeni (personal communication, 10. Februar & 26.

April, 2010) führt den vorteilhaften Effekt von NMES nach einer Knie-TEP-Operation auf die bessere Muskelaktivierung der Mm. quadriceps femoris zurück. Dieser soll speziell bei Patienten mit langsamer oder keiner Verbesserung der Kraft genützt werden. Seiner Meinung nach können Aktivierungsdefizite nach einer Knie-TEP zusammen mit NMES teilweise effektiver aufgehoben werden als nur durch eine der beiden Massnahmen, welches durch mehrere Fallstudien bewiesen wurde.

Die Resultate aus Studien, welche die postoperative Entwicklung der Muskelaktivierung ohne die Behandlung von NMES untersuchen, weisen eine signifikante Verschlechterung auf (Mizner, Petterson & Snyder-Mackler, 2005: $p = 0.002$; Stevens et al., 2003: $p < 0.001$; Mizner, Petterson, Stevens et al., 2003: $p < 0.001$). Diese signifikante postoperative Verschlechterung der Muskelaktivierung im Gegensatz zur Verbesserung der Patienten, die mit NMES behandelt wurden, spricht für die postoperative Anwendung von NMES zur Förderung der Muskelaktivierung. Mit einer besseren Muskelaktivierung kann der Muskel besser im Krafttraining eingesetzt und folglich schneller und effektiver gekräftigt werden.

Daraus lässt sich die erste Hypothese mit Vorbehalt bestätigen, da sich bei allen Studien ohne NMES-Behandlung der CAR-Wert signifikant verschlechterte und in den Studien mit NMES-Therapie gute Werte erzielt werden konnten, und diese sogar noch ein Jahr postoperativ anhalten. Einzig Petterson et al. (2009) sagen aus, dass ein sechs Wochen langes intensives Hypertrophietraining denselben Effekt aufweisen kann, wie die NMES-Behandlung.

5.1.2 Isometrische Kraft

Wie beim vorherigen Punkt der Muskelaktivierung, setzen Petterson et al. (2009) als einzige eine postoperative Behandlung von sechs Wochen mit Hypertrophietraining oder diese in Kombination mit NMES zur Verbesserung der Kraft gleich ($p > 0.08$). Beide Interventionsgruppen erreichten einen signifikanten Unterschied in isometrischer und funktioneller Kraft ($p < 0.001$). In drei von fünf Studien, welche die isometrische Kraft beider Beine des Patienten gemessen haben, hat die Kraft der betroffenen Seite in der letzten Messung diese der kontralateralen Seite überholt (Mintken et al., 2007; Petterson & Snyder-Mackler, 2006; Stevens et al., 2004). Es ist anzumerken, dass in der Studie von Zeni und Snyder-Mackler der Durchschnitt der operierten

Beine nur 0.4 N/BMI schwächer als dieser der Nicht-Operierten war. Am eindrucklichsten ist die Verbesserung in der Studie von Stevens et al., in welcher sich der Patient von der dritten postoperativen Woche bis zum sechsten postoperativen Monat, um mehr als ein Vierfaches verbessert hat (5.6 auf 23 N/BMI). Auch die Patientin in der Studie von Lewek et al. (2001) konnte ihre Kraft von der dritten bis zur zehnten postoperativen Woche fast verdoppeln (94.9 Nm, 176.3 Nm).

Snyder-Mackler et al. (1991) zeigten in ihrer Studie eine deutlichere Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris nach einer NMES-Therapie im Vergleich zur Kraftgruppe nach einer VKBP auf. Auch Snyder-Mackler et al. (1995) zeigten eine beeindruckende Kraftverbesserung von 70% mit der postoperativen Anwendung von NMES hoher Intensität nach VKBP. Die Kontrollgruppen, welche NMES niedriger Intensität beziehungsweise Krafttraining erhielten verbesserten ihre Kraft um 51 respektive 57%.

Im Gegensatz dazu zeigen drei Studien ohne NMES-Behandlung im ersten postoperativen Monat eine signifikante Verschlechterung der isometrischen Muskelkraft ($p < 0.001$, Mizner, Petterson & Snyder-Mackler, 2005; Mizner, Petterson, Stevens, et al., 2005; Stevens et al., 2003). Mintken et al. (2007) und Stevens et al. (2004) empfehlen vor allem in den ersten drei postoperativen Wochen die NMES-Behandlung, da in diesen Wochen die grössten Fortschritte der Kraftverbesserung sichtbar waren. Die Patienten der Studie von Mizner, Petterson und Snyder-Mackler haben nach dem sechsten postoperativen Monat immer noch eine schlechtere isometrische Kraft im operierten Bein als im kontralateralen Bein. Hingegen weisen die Teilnehmer der Studie von Stevens et al. (2004) zum selben Zeitpunkt im betroffenen Bein mehr Kraft auf. Zusätzlich hat sich die Kraft des kontralateralen Beines verdoppelt, was in der Studie von Mizner, Petterson und Snyder-Mackler nicht der Fall war, dies könnte auf das Übertragungsphänomen zurückzuführen sein. Trimble und Enoka (1991) empfehlen den Einsatz von NMES insbesondere, wenn Patienten nicht in der Lage sind ausreichend intensives Krafttraining, aufgrund von Schmerzen oder Verletzungen, zu betreiben. Sie erwähnen auch, dass eine Kombination zwischen NMES-Therapie und Krafttraining eine effektive Trainingsmethode ist.

5.1.3 Funktionelle Kraft

Zeni und Snyder-Mackler (2010), Petterson et al. (2009) sowie Avramidis et al. (2003) konnten eine signifikante Verbesserung der Kraft in den funktionellen Assessments aufweisen, wobei diese bei Petterson et al. nur in Bezug auf die Kontrollgruppe gilt. Die präoperativen sowie die postoperativen Werte sind bei allen verglichenen Studien im TUG drei Monate postoperativ sehr ähnlich. Diese postoperativen Werte entsprechen nach Bohannon (2006) den Normwerten von gesunden Gleichaltrigen. Ein Patient brauchte aufgrund seines guten Fitnesszustands nur knapp die Hälfte der Zeit (Petterson & Snyder-Mackler, 2006).

Auch im SCT entsprechen die Werte von zirka 13 s mit und ohne NMES-Therapie drei Monate postoperativ, den durchschnittlichen Werten von gesunden älteren Frauen mit 13.45 und Männern mit 11.81 s (Walsh, Woodhouse, Thomas & Finch, 1998).

In zwei RCTs wird der 6MGT respektive der 3MGT als Assessment verwendet (Petterson et al., 2009; Avramidis et al., 2003). In beiden ist ein signifikanter Unterschied vom präoperativen zum postoperativen Zustand festzustellen. Weiter ist dieser bei beiden im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant, jedoch ist bei Petterson et al. der Unterschied zur Krafttrainingsgruppe nicht bedeutsam.

Die Fallstudien zeigen im Verlauf eine Verbesserung der Zeit im TUG, SCT und eine verlängerte Gehstrecke im 6MGT. Werden die Werte des TUG und SCT allerdings mit den Resultaten von Mizner, Petterson und Snyder-Mackler (2005) verglichen, welche die funktionelle Kraft nach Knie-TEP-Operationen ohne NMES-Therapie evaluieren, ist kein Unterschied erkennbar. Die präoperativen Werte, sowie die Messungen drei Monate postoperativ sind sich sehr ähnlich. Diese Erkenntnis suggeriert, dass der Gebrauch von NMES keinen Zusatznutzen als Behandlungsmaßnahme zur Kraftverbesserung der Mm. quadriceps femoris nach Knie-TEP hat.

Patienten nach einer VKBP, welche mit NMES behandelt wurden, zeigen im Gegensatz zu denen, welche mit Krafttraining therapiert wurden, eine relevante Verbesserung der Gehgeschwindigkeit und der Gehstrecke (jeweils $p < 0.05$, Snyder-Mackler et al., 1991). Auch Fitzgerald et al. (2003) konnten einen signifikanten Unterschied zwischen der NMES- und der Kontrollgruppe in der funktionellen Kraft nach vier Monaten nachweisen ($p < 0.05$).

Studien, welche die Kraft nach einer Knie-TEP-Operation ohne postoperative NMES-Behandlung untersuchten, erzielten häufig ähnliche Ergebnisse wie Studien mit NMES-Therapie. In den acht untersuchten Hauptstudien für das vorliegende Review sind in zwei von drei RCTs die Ergebnisse für die funktionelle oder isometrische Kraftverbesserung nicht signifikant (Haug & Wood, 1988; Avramidis et al., 2003; sowie Petterson et al., 2009). Dennoch empfehlen Haug und Wood die postoperative Anwendung von NMES, da das Extensionsdefizit des Kniegelenks und der Spitalaufenthalt dadurch geringer waren. Petterson et al. sind der Meinung, dass alleiniges intensives Hypertrophietraining zu einem ebenso guten Ergebnis führt, wie in Kombination mit einer NMES-Therapie. Dies ist der Grund für die signifikante Verbesserung der Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es ist zu erwähnen, dass in dieser Studie kein relevanter Unterschied zwischen den Interventionsgruppen erkennbar ist. So kann die Hypothese, dass NMES einen effektiven Beitrag zur Kraftverbesserung leistet, teilweise verworfen werden, da in den RCTs und im Vergleich mit Studien ohne NMES kein statistisch oder klinisch relevanter Unterschied besteht. Allerdings besagt eine Studie ein signifikanter Unterschied im 3MGT (Avramidis et al.) und die verwendeten Fallstudien zeigen viel versprechende Resultate auf, die jedoch nicht zu verallgemeinern sind.

5.1.4 Weitere Effekte

Aus der Literaturrecherche geht hervor, dass die Behandlung mit NMES auch auf andere Assessments positive Auswirkungen hat. Im Folgenden wird auf die Extensionsproblematik des Kniegelenks, die Hospitalisationsdauer sowie auf die Lebensqualität nach einer Knie-TEP näher eingegangen.

Extensionsdefizit des Kniegelenks

Ein zusätzlicher Effekt der NMES-Therapie ist die Minimierung des Extensionsdefizits des Kniegelenks, da dieses oft eine Schwierigkeit nach einer Knie-TEP-Operation darstellt (Haug & Wood, 1988; Gotlin et al., 1994). Eine Kniegelenksexension von mindestens 0° ist für den funktionellen Gebrauch im Alltag notwendig. Gotlin et al. untersuchten in einer RCT den Effekt von NMES auf das Bewegungsausmass und die Hospitalisationsdauer. Dabei war die Interventionsgruppe signifikant besser

als die Kontrollgruppe, obwohl ausser der Elektrotherapie die gleichen Interventionen angewendet wurden. Das aktive Extensionsdefizit des Kniegelenks der Interventionsgruppe verringerte sich von präoperativ 7.48° [4.06] auf 5.67° [1.93] postoperativ und jenes der Kontrollgruppe vergrösserte sich durchschnittlich um 3° ($p < 0.01$). In der Studie von Haug und Wood wurde ebenfalls eine klinische Signifikanz zwischen den zwei Gruppen bezüglich des aktiven Extensionsdefizits des Kniegelenks erwähnt ($p = 0.01$), welches bei der Interventionsgruppe beim Austritt 5° weniger betrug als bei der Kontrollgruppe. In einer weiteren Studie mit NMES verbesserte sich das Extensionsdefizit des Kniegelenks von 6.3° auf 0.4° ein Jahr postoperativ, respektive 0.3° zwei Jahre nach der Operation (Zeni und Snyder-Mackler, 2010). Dies ist mehr als in einer Studie ohne NMES, in der sich dieses Defizit durchschnittlich von 3° auf 1° innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ verkleinerte (Mizner, Petterson & Snyder-Mackler, 2005).

Hospitalisationsdauer

Weiter zeigen einige Studien eine signifikant kürzere Hospitalisationsdauer mit der Therapie von NMES auf. In einer Studie mit 40 Teilnehmern betrug der Unterschied ($p < 0.05$) zwischen der Interventions- (6.71 [1.23] Tage) und der Kontrollgruppe (7.47 [1.12] Tage) 0.76 Tage (Gotlin et al., 1994). Weiter wird ein Zusammenhang zwischen Kosteneinsparungen und Aufenthaltstage im Spital hergeleitet. Auch Haug und Wood (1988) kommen zu diesem Ergebnis. In ihrer Studie betrug die Hospitalisationsdauer bei der Interventionsgruppe 10 Tage und bei der Kontrollgruppe 12.5 Tage. Über den Grund werden von Haug und Wood nur Vermutungen gestellt, wie Schmerzreduktion, Kraftverbesserung und grössere Extension, jedoch wurde dies noch mit keiner wissenschaftlichen Studie untersucht.

Lebensqualität

Fünf der verwendeten Hauptstudien erfassen auch die subjektive Veränderung der Lebensqualität mit verschiedenen Assessments in Form eines Fragebogens. Es resultierte kein signifikanter Unterschied im HSS Knee Score zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe in der Studie von Avramidis et al. (2003), dennoch verbesserte sich die Interventionsgruppe um 26.6 Punkte im Gegensatz zu 18.8 der

Kontrollgruppe. Petterson und Snyder-Mackler (2006) konnten ebenfalls keine Verbesserung in der Selbsteinschätzung ihres Patienten mit dem KOS ADL und GRS erkennen, obwohl sich der Patient in den funktionellen Messungen verbesserte. Petterson und Snyder-Mackler vermuten, dass diese Patientenunzufriedenheit ein Spezialfall ist, da der Patient vergleichsweise sehr gute Kraft- und Muskelaktivierungswerte aufwies, aber über das Ergebnis enttäuscht war. Zeni und Snyder-Mackler (2010) sowie Petterson et al. (2009) benützten den KOS als Verlaufszeichen. Bei der zuerst genannten Studie zeigt sich ein Jahr postoperativ eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$), die sich im zweiten postoperativen Jahr nicht verschlechtert. In der zweiten genannten Studie präsentiert sich in der Interventionsgruppe eine Steigerung von über 60% im KOS Schmerz und KOS ADL. Petterson et al. sowie Mintken et al. (2007) zeigen eine Verbesserung mit dem SF-36 drei Monate postoperativ im Vergleich zum präoperativen Wert (psychische Komponente von 50.40 auf 56.77, physische Komponente von 29.59 auf 44.64 respektive von 36.4 auf 45.5).

VKBP-Patienten in der Interventionsgruppe mit NMES erreichten statistisch relevante Verbesserungen im KOS-ADL 12 und 16 Wochen postoperativ ($p < 0.05$) im Vergleich zur Krafttrainingsgruppe (Fitzgerald et al., 2003).

Mizner, Petterson und Snyder-Mackler (2005) evaluierten den KOS-ADL sowie den SF-36 bei Patienten, die nach einer Knie-TEP nicht mit NMES behandelt wurden. Ausser im ersten postoperativen Monat, wo sich die Patienten im SF-36 verschlechterten ($p < 0.001$), gab es nach jedem monatlichen Assessment eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$, $p = 0.002$). Stevens et al. (2003) beschreiben eine relevante Verbesserung im KOS obwohl sich die Werte im KOS-ADL im ersten postoperativen Monat kaum veränderten (56 zu 59, $p > 0.05$). In der Studie von Mizner, Petterson, Stevens, et al. (2005) gab es keinen signifikanten Unterschied im KOS-ADL präoperativ zu einem Monat postoperativ ($p = 0.33$). Im Teil der physischen Komponente des SF-36 zeigte sich ebenfalls keine signifikante Veränderung ($p = 0.42$), wohingegen im psychischen Teil die Verschlechterung signifikant war ($p = 0.03$). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die subjektiv eingeschätzte Lebensqualität bei Patienten ohne NMES-Behandlung eher verschlechtert, wohingegen sich diese bei Patienten, welche mit NMES behandelt werden vorwiegend verbessert.

5.2 Theorie-Praxis-Transfer

Eine optimale therapeutische Anwendung für die Behandlung von Kraftdefiziten nach Knie-TEP mittels NMES sollte früh begonnen werden. Die Muskelaktivierung der Mm. quadriceps femoris ist direkt nach der Operation am schlechtesten. Gründe dafür sind Schwellung, Schmerz und eine Inhibierung von afferenten und efferenten Nervenfasern als Folgen der Operation. Das heisst, ein Patient kann zu diesem Zeitpunkt am meisten von NMES profitieren. Wichtig ist ebenfalls, dass NMES in Kombination mit Krafttraining angewendet wird, weil so die grössten Erfolge sichtbar wurden.

In den Studien werden verschiedene Stromformen für die Anwendung von NMES verwendet. Nur eine Fallstudie behandelte mit Interferenzstrom (Mintken et al., 2007), wobei diese eine Verbesserung der Kraft erzielte, jedoch aufgrund der Tatsache, dass es sich nur um einen Patienten handelte, auf keine Verallgemeinerung schliessen lässt. Zwei Studien verwendeten TENS, von denen sind die Ergebnisse der RCT von Haug und Wood (1988) statistisch irrelevant, diese von Avramidis et al. (2003) hingegen sind relevant. Die Applikation unterschied sich vor allem in der „off“-Zeit. Bei der Studie mit signifikantem Unterschied betrug diese 8 s, wohingegen die andere Studie eine Pausenzeit von 80 s wählte. Allgemein auffällig bei dieser Stromform ist, dass die Applikationszeit viel länger ist als bei der Anwendung von Interferenzstrom oder Russischer Stimulation. Avramidis et al. applizieren den Strom sechs Wochen lang zweimal täglich für eine Dauer von zwei Stunden. Haug und Wood hingegen wenden den Strom 10 Tage lang, dreimal täglich für eine Stunde an. Bei allen Studien mit Russischer Stimulation war eine Verbesserung der Kraft und Muskelaktivierung sichtbar. Dennoch konnte in drei von vier Studien keine Aussage über die Signifikanz gemacht werden, da es sich um zwei Fallstudien (Lewek et al., 2001; Petterson & Snyder-Mackler, 2006) und eine Fallseriestudie (Stevens et al., 2004) handelte. Eine RCT zeigte eine signifikante Verbesserung, jedoch nur in Betracht zur Kontrollgruppe und nicht zur Krafttrainingsgruppe (Petterson et al., 2009). In einer Studie wird nicht erläutert mit wie viel Herz stimuliert wird, darum lässt sich die Stromform nicht bestimmen (Zeni & Snyder-Mackler, 2010). In dieser Studie ist es erstaunlich, dass die Intensität 80% des MVIC des nicht-operierten Beines betrug, da dies im Vergleich sehr hoch ist. Das Resultat ist signifikant und unterstützt den

Einsatz von NMES nach Knie-TEP. Aus diesen Gründen kann keine bestimmte Stromform für die postoperative Behandlung von Knie-TEP empfohlen werden.

Die Intensität des Stroms sollte allerdings möglichst hoch sein, um einen Erfolg aufzuweisen. In der Studie von Sinacore et al. (1990) wird eine Intensität von 80% der MVIC verwendet. Sie erreichen einen signifikanten Zuwachs von Typ II Muskelfasern. Caggiano et al. (1994) sind auch der Meinung, dass eine hohe Intensität notwendig ist (mehr als 40% der MVIC), um ein relevantes Resultat zu erzielen. Auch Zeni und Snyder-Mackler (2010) verwenden eine Intensität von 80% des MVIC des nicht-operierten Beines und erzielen eine signifikante Verbesserung der funktionellen Muskelkraft.

Als weiteren Punkt beschreiben Gotlin et al. (1994), dass mittels Elektrotherapie auch Extensionsdefizite des Kniegelenks und der Spitalaufenthalt reduziert wird. Eine Extension von mindestens 0° im Kniegelenk ist notwendig für den funktionellen Gebrauch der Mm.quadriceps femoris bei ADLs, welches weiter die Selbstständigkeit und Partizipation im Alltag verbessert. Ein reduzierter Spitalaufenthalt ist ebenfalls bedeutsam, da die Gesundheitskosten mit der steigenden Lebenserwartung immer höher werden und ein wirtschaftliches sowie soziales Problem darstellen.

Wichtig zu erwähnen ist auch, dass NMES, falls richtig appliziert, dem Patienten nicht schadet. Auch führt die kombinierte Behandlung mit NMES und Krafttraining nicht zu schlechteren Ergebnissen als alleiniges Krafttraining.

5.3 Probleme und Limitationen der Studien

Das Hauptproblem des vorliegenden Reviews ist vor allem, dass wenig qualitativ hochwertige Studien über Kraftverbesserung nach Knie-TEP mit NMES durchgeführt wurden. Eine solche Studie sollte optimal ein RCT Design haben und eine möglichst grosse Teilnehmeranzahl aufweisen. Es ist weiter von Vorteil, wenn die Interventionen inklusiv Dosierung genau beschrieben sind, um dem Leser den Transfer in die Praxis zu ermöglichen. Es ist zu erwähnen, dass es sinnvoll gewesen wäre mehr Vergleichsstudien über den postoperativen Verlauf nach Knie-TEP ohne NMES-Therapie sowie über die postoperative NMES-Behandlung nach anderen Operatio-

nen, wie Hüft-TEP oder VKBP. Dies hätte aber den Rahmen einer Bachelorarbeit gesprengt.

Zwei der verwendeten Hauptstudien, eine RCT mit 241 Teilnehmern (Pettersson et al., 2009) und eine Vorher-Nacher-Studie mit 155 Patienten (Zeni & Snyder-Mackler, 2010), welche wegen ihres Studiendesigns keine Aussage über die Wirkung von NMES aussagen kann, haben als einzige mehr als 30 Teilnehmer. Drei weitere Hauptstudien weisen zwischen acht und 30 Teilnehmer auf (Avramidis et al., 2003; Haug & Wood, 1988; Stevens et al., 2004). Bei den restlichen drei Hauptstudien handelt es sich um Fallstudien mit nur einem Patienten (Lewek et al., 2001; Mintken et al., 2007; Petterson & Snyder-Mackler, 2006). Bei diesen kann keine klinische Aussage erfasst, sondern bloss eine Empfehlung abgegeben werden aufgrund der geringen Teilnehmeranzahl.

Die Beschreibungen der Kräftigungsübungen sind oft ungenau und allgemein erläutert. So kann weder ein direkter Vergleich zwischen den Studien vollzogen, noch die Ergebnisse für den klinischen Alltag übernommen werden. Zudem ist manchmal unklar ob bilateral oder unilateral trainiert wurde und ob zusätzliche Massnahmen verhindert wurden.

Als anfängliches Problem ergab sich die Frage ob Metall bei der Anwendung von NMES eine Kontraindikation darstellt, da es zu Verbrennungen der Muskulatur und des Gewebes führen kann, wenn das Metall durch den Strom stark erwärmt wird.

Die verwendeten Studien gehen alle nicht auf die Punkte der Kontraindikationen und Vorsichtsmassnahmen ein. Auf das direkte Nachfragen bei den Autoren der Hauptstudien wurde Knie-TEP als Kontraindikation meist selbstverständlich ohne Begründung verneint. Teilweise erwähnten sie, dass man die Elektroden proximal des Knies auf den Oberschenkel angeklebt habe, nicht direkt über der Prothese, und auf diese Weise problemlos verwendet wurde, da das Implantat folglich nicht im Behandlungsgebiet lag.

Die Fallstudie von Ford et al. (2005) beweist jedoch das Gegenteil, welche sie selber als die einzige publizierte Studie einer Verbrennungsproblematik mit NMES nach einer Knie-TEP-Operation bezeichnen. Vier Wochen postoperativ wurde vom Arzt Elektrotherapie verordnet, um Schwellung und Schmerz zu reduzieren, sowie

Kraft und Muskelaktivierung zu fördern. Vier Elektroden wurden auf die Haut direkt um das ventrale Kniegelenk herum platziert, welche noch Sensibilitätsstörungen aufwies. Der Patient hatte nach einer Woche NMES-Therapie eine Verbrennung ventral des Implantates. Die Studie empfiehlt nun die Elektroden weiter weg vom Metallimplantat zu platzieren, jedoch immer noch um das Gelenk herum und nicht auf den Oberschenkel, wie in den verwendeten Hauptstudien. I. Swain und L. Snyder-Mackler (personal communication, 27. Januar 2010) beschreiben die Platzierung proximal des Knies auf die Mm. quadriceps femoris als problemlos und ungefährlich. Da sich die Kraft und Muskelaktivierung signifikant verbesserte und die Schwellung und der Schmerz abnahm, befürworteten sie trotzdem Elektrotherapie als Intervention. Empfehlenswert ist eine Elektrodenapplizierung wie in Abbildung VIII auf den distalen und proximalen Oberschenkel. Da in fast allen Hauptstudien die Platzierung so gewählt wurde ohne Verbrennungen zu melden. Dennoch bedeutet das für Physiotherapeuten, dass Schulungen für den Umgang von NMES notwendig sind, damit ein solcher Vorfall vermieden werden kann.



**Abbildung VIII:
Elektrodenplatzierung**

5.4 Zukunftsaussicht

Zwar zeigt die postoperative Anwendung von NMES teilweise positive Ergebnisse in der Kraftverbesserung, wie auch in der Dauer des Spitalaufenthaltes und der Minimierung des Extensionsdefizits im Kniegelenk, dennoch ist diese Therapie noch nicht evidenzbasiert. Durch die NMES-Therapie wird das Kniegelenk relativ geschont, da es einer geringeren Belastung als beim Hypertrophietraining ausgesetzt wird. Weiter darf der analgetische Nebeneffekt der Elektrotherapie nicht vergessen werden. Haug und Wood (1988) bestätigen, dass Patienten mit NMES-Therapie weniger Schmerzmedikamente während der Hospitalisationsdauer nahmen als Patienten ohne Elektrotherapie.

Bevor jedoch eine definitive Aussage über die Signifikanz dieser Therapie gemacht werden kann, müssen weitere RCTs mit vielen Teilnehmern und guter Qualität durchgeführt werden, welche die Relevanz für NMES bestätigen oder widerlegen können. Es wäre weiter von Vorteil, wenn übliche Assessments wie (N)MVIC, CAR,

SCT, TUG, 6MGT, Knieextension, Hospitalisationsdauer und Lebensqualität evaluiert werden. Es ist interessant, dass ein signifikanter Unterschied des Kraftzuwachses bei Petterson et al. (2009) zwischen den Interventionsgruppen und der Kontrollgruppe festgestellt wurde, aber nicht zwischen den zwei Interventionsgruppen. Daraus stellt sich die Frage, ob herkömmliche Physiotherapie der Kraftproblematik nach Knie-TEP-Operationen ungenügend Beachtung widmen.

Die Autoren empfehlen den Einsatz von NMES bei Patienten mit Aktivierungsdefiziten, da es teilweise ein wirkungsvoller Effekt hat. Dafür lohnt es sich über die Möglichkeiten und den Einsatz von Elektrotherapie nach Knie-TEP zu informieren. Vor einer Verbrennung bei der Anwendung soll man keine Angst haben, denn diese gab es nur bei einer ungünstigen Elektrodenplatzierung. Respekt, das Nachfragen nach starker Wärme und Sensibilitätsstörungen ist jedoch immer indiziert und sinnvoll.

5.5 Schlussfolgerung

- 1) Nach einer Knie-TEP-Operation sind die degenerativen Veränderungen in der Muskulatur immer noch, oder sogar verstärkt, vorhanden. Die entstandene Atrophie der Mm.quadriceps femoris sollte explizit behandelt werden. Der Zusatz von korrekt angewandter NMES nach einer Knie-TEP ist wahrscheinlich keine effektivere Therapie zur Kraftverbesserung als intensives Hypertrophietraining.
- 2) Die erste Hypothese des vorliegenden Reviews lässt sich mit Vorbehalt bestätigen, da sich bei allen Studien ohne NMES-Behandlung der CAR-Wert signifikant verschlechterte und in den Studien mit NMES-Therapie verbesserte Werte erzielt werden konnten.
- 3) NMES-Therapie kann zu einer besseren Knieextension, einer kürzeren Hospitalisationsdauer und einer gesteigerten Lebensqualität als ohne Elektrotherapie führen.
- 4) Es gibt bis heute keine effektivste Stromform für die Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris nach einer Knie-TEP-Operation. Eine hohe Intensität von mindestens 35% des MVIC durch die elektrisch induzierte Kontraktion sollte hingegen erreicht werden um einen Erfolg zu erzielen.

6 Zusammenfassung

In der Schweiz werden im Jahr über 17 Knie-TEP-Operationen pro 10'000 Einwohner durchgeführt mit einer steigenden Tendenz. In den USA sind es sogar über eine halbe Million Knie-TEP-Operationen pro Jahr. Trotz dieser stetigen Zunahme, meist als erfolgreiche Behandlungsmassnahme gegen Osteoarthritis bei älteren Menschen mit zusätzlicher Muskelatrophieproblematik eingesetzt, gibt es bis heute kein standardisiertes Rehabilitationsprogramm, um der zentralen meist lang andauernden Kraftproblematik und Aktivierungsdefizite der Mm.quadriceps femoris entgegenzuwirken. Dafür bietet sich NMES als zusätzliche Kräftigungsmassnahme für die Mm.quadriceps femoris an.

Folglich wurden zwei Hypothesen formuliert, um die Fragestellung „*Führt NMES zu einer effektiveren Kraftverbesserung der Mm.quadriceps femoris bei Patienten nach einer Knie-TEP als Hypertrophietraining?*“ zu beantworten: 1) Mithilfe von postoperativer NMES können die Mm.quadriceps femoris schneller gekräftigt werden als mit Krafttraining und 2) NMES unterstützt die Rekrutierung der Muskelfasern, welche auf diese Weise besser aktiviert werden können.

In diesem vorliegenden Review wurden acht Hauptstudien untersucht, welche in einer Hauptsuche auf Pubmed im Januar 2010 ausgewählt wurden. Die Einschlusskriterien waren postoperative NMES zur Kraftverbesserung und isometrische oder funktionelle Kraftassessments. Das Ziel nur RCTs zu untersuchen konnte infolge mangelnder Studien nicht verfolgt werden, darum wurden auch Fallstudien eingeschlossen.

Infolge Studien meist niedriger Qualität mit wenigen Teilnehmern, kann die Wirksamkeit von NMES zur Kraftverbesserung nicht evaluiert werden sowie die Hypothesen nicht bestätigt werden. Da oft ungleiche Assessments verwendet wurden und die Interventionen bedürftig beschrieben sind, ist ein Vergleich zusätzlich erschwert. Trotzdem kann NMES bei Aktivierungsdefiziten empfohlen werden, da NMES bedeutend bessere CAR-Ergebnisse in der Rehabilitation erzeugte. In weiteren Studien werden teilweise signifikante Ergebnisse mit NMES bezüglich Extensionsdefizit des Kniegelenks, Hospitalisationsdauer und Lebensqualität beschrieben.

7 Verzeichnisse

7.1 Abkürzungsverzeichnis

ADL	Activities of daily living (Aktivitäten des täglichen Lebens)
BMI	Body Mass Index
CAR	Central Activation Ratio (Muskelaktivierung)
GRS	Global Knee Rating Score
HSS	Hospital for Special Surgery
Knie-TEP	Knietotalendoprothese
KOOS	Knee injury and Osteoarthritis Outcome Survey
KOS	Knee Outcome Survey
m	Meter
min	Minuten
MVIC	Maximal Voluntary Isometric Contraction in N (maximale isometrische Kontraktionskraft)
N	Newton
Nm	Newtonmeter
n.a.	nicht anwendbar
n.b.	nicht beschrieben
NMES	Neuromuskuläre Elektrostimulation
NMVIC	Normalised Maximal Voluntary Isometric Contraction in N/BMI (normalisierte maximale isometrische Kontraktionskraft)
RCT	Randomized controlled trial (randomisierte kontrollierte Studie)
s	Sekunde
SCT	„Stair Climbing Test“ (Treppensteigetest)
SF-36	Short Form 36
TENS	Transkutane elektrische Nervenstimulation
TUG	“Timed Up and Go“-Test (Messung des Aufstehens und Absitzens)
VKBP	vordere Kreuzbandplastik
6MGT / 3MGT	6 / 3 Minuten-Geh-Test

7.2 Literaturverzeichnis

- American Psychological Association. (2008). *Publication Manual of the American Psychological Association*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Avramidis, K., Strike, P., Taylor, P. & Swain, I. (2003). Effectiveness of Electrical Stimulation of the Vastus Medialis Muscle in the Rehabilitation of Patients After Total Knee Arthroplasty. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 1850-1853.
- Bohannon, R. (2006). Reference Values for the Timed Up and Go Test: A Descriptive Meta-Analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 29, 64-68.
- Bossert, F., Jenrich, W. & Vogedes, K. (2006). *Leitfaden Elektrotherapie*. München: Urban & Fischer.
- Buchner, D., Larson, E., Wagner, E., Koepsell, T., De Lateur, B. (1996). Evidence for a Non-linear Relationship between Leg Strength and Gait Speed. *Age and Ageing*, 25, 386-391.
- Bundesamt für Statistik (2009). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser 2008* [On-Line]. Available: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/04/01/data/01.Document.127529.xls> (12.4.2010).
- Bundesamt für Statistik (2009). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser 2007* [On-Line]. Available: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/04/01/data/01.Document.118881.xls> (12.4.2010).
- Bundesamt für Statistik (1998). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser* [On-Line]. Available:

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/04/01/data/01.Document.104367.xls> (12.4.2010).

Bundesamt für Statistik (keine Angabe). *Bevölkerungsdaten im Zeitvergleich 1950-2008*. [On-Line]. Available:

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/bevoelkerungsstand.Document.20543.xls> (13.4.2010).

Caggiano, E., Emrey, T., Shirley, S. & Craik, R. (1994). Effects of Electrical Stimulation or Voluntary Contraction for Strengthening the Quadriceps Femoris Muscles in an Aged Male Population. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(1), 22-28.

Chandler, J., Duncan, P., Kochersberger, G. & Studenski, S. (1998). Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and disability in frail, community-dwelling elders? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 24-30.

Cordes, J., Arnold, W. & Zeibig, B. (1989). *Physiotherapie: Grundlagen und Techniken der Hydro-, Elektrotherapie und Massage*. München: Urban & Fischer.

Crabic, M., Appell, H. & Resic, A. (1988). Fine structural changes in electrostimulated human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 1-5.

DeFrances, C., Lucas, C., Buie, V. & Golosinskiy, A. (2008). 2006 National Hospital Discharge Survey. *National Health Statistics Reports*, 5, 1-20.

Di Domenica, F., Sarzi-Puttini, P., Cazzola, M., Atzeni, F., Cappadonia, C., Caserta, A. et al. (2004). Physical and rehabilitative approaches in osteoarthritis. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 34 (6, Supplement 2), 62-69.

Durmus, D., Alayh, G. & Cantürk, F. (2007). Effects of quadriceps electrical

stimulation program on clinical parameters in the patients with knee osteoarthritis.

Clinical Rheumatology. 26, 674-678. doi: 10.1007/s10067006-0358-3

Farell, M. & Richards, J. (1968). Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(1), 44-49.

Fialka-Moser, F., Ebenbichler, G., Kersch-Schindl, K., Mittermaier, C., Nicolakis, P., Paternostro-Sluga, T. et al. (2005). *Elektrotherapie*. München: Pflaum.

Fitzgerald, G., Piva, S. & Irrang, J. (2003). A Modified Neuromuscular Electrical Stimulation Protocol for Quadriceps Strength Training Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(9), 492-501.

Ford, K., Schrader, M., Smith, J., Mclean, T. & Dahm, D. (2005). Full-thickness Burn Formation After the Use of Electrical Stimulation for Rehabilitation of Unicompartamental Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 20(7), 950-953.

Glass, G. (2006). Osteoarthritis. *Disease-a-Month*, 52(9), 343-362.

Gotlin, R., Herschkowitz, S., Juris, P., Gonzalez, E., Scott, W. & Insall, J. (1994). Electrical Stimulation Effect on Extensor Lag and Length of Hospital Stay After Total Knee Arthroplasty. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75, 957-959.

Haug, J. & Wood, L. (1988). Efficacy of Neuromuscular Stimulation of the Quadriceps Femoris During Continuous Passive Motion Following Total Knee Arthroplasty. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69, 423-424.

Huppelsberg, J. & Walter, K. (2005). *Kurzlehrbuch Physiologie*. Stuttgart: Thieme.

- Laughman, R., Youdas, J., Garret, T. & Chao, E. (1983). Strength Changes in the Normal Quadriceps Muscle as a Result of Electrical Stimulation. *Physical Therapy*, 63(4), 494-499.
- Laurenz Messtechnik GmbH (keine Angabe). *Einheitenumrechner für Drehmoment*. [On-Line]. Available: http://www.lorenz-messtechnik.de/deutsch/unternehmen/umrechnung_drehmoment.php (20.03.2010).
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westermorland, M. (1998). *Guidelines for Critical Review Form - Quantitative Studies*. Hamilton: McMaster University.
- Lewek, M., Stevens, J. & Snyder-Mackler, L. (2001). The use of Electrical Stimulation to Increase Quadriceps Femoris Muscle Force in an Elderly Patient Following a Total Knee Arthroplasty. *Physical Therapy*, 81(9), 1565-1571.
- Luca, B. (2005). Treatment Options for Patients with Osteoarthritis of the Knee. *British Journal of Nursing*, 14(18), 976-981.
- Kennedy, D., Stratford, P., Wessel, Gollish, J. & Penney, D. (2005). Assessing stability and change of four performance measures: a longitudinal study evaluating outcome following total hip and knee arthroplasty, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 6, 3. doi: 10.1186/1471-2474-6-3
- Martin, T., Gunderson, L., Blevins, F. & Coutts, R. (1991). The Influence of Functional Electrical Stimulation on the Properties of Vastus Lateralis Fibres Following Total Knee Arthroplasty. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 23, 207-210.
- Meier, W., Mizner, R., Marcus, R., Dibble, L., Peters, C. & Lastayo (2008). Total Knee Arthroplasty: Muscle Impairments, Functional Limitations, and Recom-

- mended Rehabilitation Approaches. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(5), 246-256.
- Mintken, P., Carpenter, K., Eckhoff, D., Kohrt, W. & Stevens, J. (2007). Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Optimize Quadriceps Muscle Function Following Total Knee Arthroplasty: A Case Report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(7), 364-371.
- Mizner, R., Petterson, S. & Snyder-Mackler, L. (2005). Quadriceps Strength and the Time Course of Functional Recovery After Total Knee Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(7), 424-434.
- Mizner, R., Petterson, S., Stevens, J., Vandenborne, K. & Snyder-Mackler, L. (2005). Early Quadriceps Strength Loss after Total Knee Arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 87, 1047-1053. doi:10.2106/JBJS.D.01992
- Mizner, R., Stevens, J. & Snyder-Mackler, L. (2003). Voluntary Activation and Decreased Force Production of the Quadriceps Femoris Muscle After Total Knee Arthroplasty. *Physical Therapy*, 38(4), 359-365.
- Moffet, H., Collet, J., Shapiro, S., Paradis, G., Marquis, F. & Roy, L. (2004). Effectiveness of intensive rehabilitation on functional ability and quality of life after first total knee arthroplasty: a single-blind randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 546-556.
- Monaghan, B., Caulfield, B. & O'Mathúna D. (2010). Surface neuromuscular electrical stimulation for quadriceps strengthening pre and post total knee replacement (Review). *The Cochrane Collaboration*, 1.
- Neder, J., Sword, D., Ward, S., Mackay, E., Cochrane, L. & Clark, C. (2002). Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for

- severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax*, 57, 333-337.
- Oesch, P., Hilfiker, R., Keller, S., Kool, J., Schädler, S., Tal-Akabi, A., et al. (2007). *Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Petterson, S., Mizner, R., Stevens, J., Rasis, L., Bodenstab, A., Newcomb, W. et al. (2009). Improved Function From Progressive Strengthening Interventions After Total Knee Arthroplasty: A Randomised Clinical Trial With an Imbedded Prospective Cohort. *Arthritis & Rheumatism*, 61(2), 174-183.
- Petterson, S. & Snyder-Mackler, L. (2006). The Use of Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Activation Deficits in a Patient With Chronic Quadriceps Strength Impairments Following Total Knee Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(9), 678-685.
- Piva, S., Goodnight, E., Azuma, K., Woollard, J., Goodpaster, B., Wasko, M. et al. (2007). Neuromuscular Electrical Stimulation and Volitional Exercise for Individuals With Rheumatoid Arthritis: A Multiple-Patient Case Report. *Physical Therapy*, 87(8), 1064-1077.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed „Up & Go“: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 142-148.
- Quittan, M., Wiesinger, G., Sturm, B., Puig, S., Mayr, W., Sochor, A. et al. (2001). Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomised, controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80, 206-214.

- Regitnig-Tillian, N. (2007). Mittelfrequenztherapie [On-Line]. Available: <http://www.apotheken-umschau.de/Therapien/Mittelfrequenztherapie-A050829ANONI013711.html> (20.03.2010).
- Risberg, M., Lewek, M. & Snyder- Mackler, L. (2005). A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: How much and what type? *Physical Therapy in Sport*, 5, 125-145. doi:10.1016/j.ptsp.2004.02.003
- Robertson, V., Ward, A., Low, J. & Reed, A. (2006). *Electrotherapy Explained: Principles and Practice (4th ed.)*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Roos, M., Rice, C. & Vandervoort, A. (1997). Age-related changes in motor unit function. *Muscle Nerve*, 20, 679-690.
- Sinacore, D., Delitto, A., King, D. & Rose, S. (1990). Type II Fibre Activation with Electrical Stimulation: A Preliminary Report. *Physical Therapy*, 70(7), 416-422.
- Sisk, T., Stralka, S., Deering M., & Griffin, J. (1987). Effect of electrical stimulation on quadriceps strength after reconstructive surgery of the anterior cruciate ligament. *American Journal of Sports Medicine*, 15, 215-220.
- Smith, M., Hutchins, R. & Hehenberger, D. (1983). Transcutaneous neural stimulation use in postoperative knee rehabilitation. *American Journal of Sports Medicine*, 11(2), 75-82.
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Bailey, S. & Stralka, S. (1995). Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 77, 1166-1173.
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Stralka, S. & Bailey, S. (1994). Use of Electrical Stimulation to Enhance Recovery of Quadriceps Femoris Muscle Force Production

- in Patients Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Physical Therapy*, 74(10), 901-907.
- Snyder-Mackler, L., Ladin, Z., Schepsis, A. & Young, J. (1991). Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 73, 1025-1036.
- Stevens, J., Mizner, R. & Snyder Mackler, L. (2004). Neuromuscular Electrical Stimulation for Quadriceps Muscle Strengthening After Bilateral Total Knee Arthroplasty: A Case Series. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34, 21-29.
- Stevens, J., Mizner, R. & Snyder-Mackler, L. (2003). Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 21, 775-779.
- Stoll, T., Huber, E., Seifert, B., Stucki & Michel, B. (2002). Isometric Muscle Strength Measurement. New York: Thieme Verlag.
- Trimble, M. & Enoka, R. (1991). Mechanisms Underlying the Training Effects Associated with Neuromuscular Electrical Stimulation. *Physical Therapy*, 71(4), 273-280.
- Walker, R., Morris, B., Angulo, D., Schneider & J. Colwell, C. (1991). Postoperativ Use of Continuous Passive Motion, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, and Continuous Cooling Pad Following Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 6(2), 151-156.

Walsh, M., Woodhouse, L., Thomas, S. & Finch, E. (1998). Physical impairments and functional limitations: a comparison of individuals 1 year after total knee arthroplasty. *Physical Therapy*, 78, 273-280.

Ward, A., Robertson, V. & Ioannou, H. (2004). The effect of duty cycle and frequency on muscle torque production using kHz frequency alternating current. *Medical Engineering & Physics*, 26, 569-779.

Wenk, W. (2004). *Elektrotherapie*. Berlin: Springer-Verlag.

Westby, M., Kennedy, D., Jones, D., Jones, A., Doyle-Waters, N. & Backman, C. (2008). Post-acute physiotherapy for primary total knee arthroplasty (Protocol). *The Cochrane Collaboration*, 4.

Zeni, J. & Snyder-Mackler, L. (2010). Early Postoperative Measures Predict 1- and 2-Year Outcomes After Unilateral Total Knee Arthroplasty: Importance of Contralateral Limb Strength. *Physical Therapy*, 90(1), 43-54.

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung I: Hauptstudienuche *Seite 9*

Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Hauptstudienuche*.

Abbildung II: KinCom Dynamometer *Seite 11*

Eng, J. (2009) *Kincom Testing* [On-Line]. Available:

http://www.rehab.ubc.ca/__shared/assets/KinCom_Testing11482.jpg
(02.04.2010).

Abbildung III: MVIC-Messung *Seite 12*

Petterson, S. & Snyder-Mackler, L. (2006). The Use of Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Activation Deficits in a Patient With Chronic Quadriceps Strength Impairments Following Total Knee Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(9), 681.

- Abbildung IV: Abhängigkeit Kraft und Gehgeschwindigkeit* *Seite 13*
Buchner, D., Larson, E., Wagner, E., Koepsell, T., De Lateur, B. (1996). Evidence for a Non-linear Relationship between Leg Strength and Gait Speed. *Age and Ageing*, 25, 387.
- Abbildung V: NMES-Gerät* *Seite 15*
Rancho REP (2002). NMES [On-Line]. Available: http://www.ranchorep.org/p6_whatismes.html (04.04.2010).
- Abbildung VI: Mischung zweier Ströme* *Seite 20*
Wenk, W. (2004). *Elektrotherapie*. Berlin: Springer-Verlag, S.33.
- Abbildung VII: Stromformen* *Seite 22*
Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Stromformen*.
- Abbildung VIII: Elektrodenplatzierung* *Seite 44*
Mintken, P., Carpenter, K., Eckhoff, D., Kohrt, W. & Stevens, J. (2007). Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Optimize Quadriceps Muscle Function Following Total Knee Arthroplasty: A Case Report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(7), 367.

7.4 Tabellenverzeichnis

- Tabelle I: Eingeschlossene Hauptstudien* *Seite 10*
Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Eingeschlossene Hauptstudien*.
- Tabelle II: Studienvergleich* *Seite 30*
Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Studienvergleich*.
- Tabelle III: Resultate NMVIC/MVIC und CAR* *Anhang*
Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Resultate NMVIC/MVIC und CAR*.
- Tabelle IV: Resultate funktioneller Kraftmessungen* *Anhang*
Graf, M. & Spielhofer, L. (2010). *Resultate funktioneller Kraftmessungen*.

8 Danksagung

Für die fachliche kompetente Unterstützung beim Verfassen dieser Arbeit danken die Autoren herzlich ihrem Betreuer, Herr van Gestel.

Weiter bedanken sich die Autoren bei ihren Kollegen, Freunden und Beatrice Geiger für das Durchlesen, Korrigieren, Hilfeleistungen sowie das Motivieren bei Schreibblockaden oder Computerproblemen.

9 Eigenständigkeitserklärung

Eigenständigkeitserklärung:

„Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben.“

Winterthur den 18.05.2010

Meta Graf

Lara Spielhofer

10 Anhang

Tabelle III: Resultate NMVIC/MVIC und CAR

Assessment	Referenz (Studien MIT NMES)	Zeitpunkt des Assess- ments	Betroffene Extremität	Extremität ohne NMES		Kontroll- gruppe	Signifikanz
				Nicht-operiert	operiert		
NMVIC (in N/BMI)	Zeni & Snyder- Mackler (2010)	präoperativ 1 Jahr postoperativ 2 Jahre postoperativ	9.9 20.7 20.6	24.0 22.7 21.0			Nicht beschrieben
	Petterson et al. (2009)	präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ	10.42 19.05 22.64			10.58^ 17.35^ 20.60^	- Nein zwischen Interventi- onsgruppen - Ja im Vergleich zur Kon- trollgruppe (p=0.007)
	Stevens et al. (2004)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ 6 Monate postoperativ	5.6* 15.5* 17.5* 19* 23*		11.0* 16.0* 18.3* 20.6* 22.4*	10.0* 11.5* 12.5* 14.9* 17.5*	n.a.
	Petterson & Snyder- Mackler (2006)	präoperativ 9 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 1½ Jahre postoperativ 2 Jahre postoperativ	34.3** 22.0** 27.0** 39.5** 39.4**		43.2** 27.6** 36.7** 41.0** 36.9**		n.a.
MVIC (in Nm)	Lewek et al. (2001)	3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 10 Wochen postoperativ	94.9*** 140.3*** 176.3***	189.8*** 216.9***			n.a.
	Mintken et al.(2007)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	Zirka 65 Zirka 75 Zirka 81 Zirka 99	Zirka 81 Zirka 75			n.a.
Tensiometrie (in kg)	Haug & Wood (1988)	1. postoperativer Tag: 35° Zirka 10. Tag: 35° Zirka 10. Tag: 90° Zirka 10. Tag: 0°	1.3 7.6 8.0 3.6			1.0 5.4 6.4 1.1	Nein (10 Tage mit 35° p=0.06, mit 0° p=0.02)
CAR	Petterson et al. (2009)	präoperativ 3 Monate postoperativ 12 Monate postoperativ	0.78 0.82 0.89			0.75^ 0.78^ 0.82^	- Nein zwischen Interventi- onsgruppen - Ja im Vergleich zur Kon- trollgruppe (p<0.001)

	Mintken et al.(2007)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	0.73 0.93 0.95 0.94	0.98 0.99			n.a.
	Stevens et al. (2004)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ 6 Monate postoperativ	0.59* 0.84* 0.83* 0.84* 0.88*		0.78* 0.83* 0.84* 0.87* 0.86*	0.87* 0.82* 0.88* 0.87* 0.88*	n.a.
	Petterson & Snyder-Mackler (2006)	präoperativ 9 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 1½ Jahre postoperativ 2 Jahre postoperativ	0.85 0.73 0.83 0.97 1.0		0.92 0.76 0.96 0.98 1.0		n.a.
Assessment	Referenz (Studien OHNE NMES)	Zeitpunkt des Assessments	Betroffene Extremität	Nicht operierte Extremität	Kontrollgruppe (ohne Knie-TEP)	Signifikanz	
NMVIC (in N/BMI)	Mizner, Petterson, Stevens, et al. (2005)	präoperativ 1 Monat postoperativ	18.1 6.95			Ja negativ (p<0.001)	
	Stevens et al. (2003)	präoperativ 1 Monat postoperativ	20 8	25.6 25.4		Ja negativ (p<0.001)	
	Mizner et al. (2003)	1 Monat postoperativ	8.8	24.14	24.15	Ja negativ (p<0.001)	
	Mizner, Petterson & Snyder-Mackler (2005)	präoperativ 1 Monat postoperativ 3 Monate postoperativ 6 Monate postoperativ	18 7 15 18	23 22 23 23		- Ja, negativ 1. Monat (p<0.001). - Ja 3. und 6. Monat (p<0.001).	
CAR	Mizner, Petterson, Stevens, et al. (2005)	präoperativ 1 Monat postoperativ	0.87 0.72			Ja negativ (p=0.002)	
	Stevens et al. (2003)	präoperativ 1 Monat postoperativ	0.85 0.69	0.91 0.91		Ja negativ (p<0.001)	
	Mizner et al. (2003)	1 Monat postoperativ	0.74	0.93	0.943	Ja negativ (p<0.001)	

n.a. = nicht anwendbar

^ Diese Werte entsprechen nicht den Werten der Kontrollgruppe, sondern denen der Krafttrainingsgruppe.

* Es wurde der Durchschnitt der einzelnen Werte auf eine Dezimalstelle gerundet eingefügt, in der Kontrollgruppe wurde dieser von allen 6 Beinen berechnet.

** Der NMVIC wurde mithilfe des BMI und der Formel N/BMI auf eine Dezimalstelle gerundet kalkuliert.

*** Der MVIC wurde mithilfe der Formel 1Nm = 1.35582 ft-lb ausgerechnet und auf eine Dezimalstelle gerundet (Laurenz Messtechnik GmbH, keine Angabe).

Tabelle IV: Resultate funktioneller Kraftmessungen

Assessment	Referenz (Studien MIT NMES)	Zeitpunkt des Assessments	NMES-Gruppe	Kontrollgruppe	Signifikanz
TUG (in Sekunden)	Zeni & Snyder-Mackler (2010)	Präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 2 Jahre postoperativ	Zirka 12 8.23 Zirka 8 Zirka 8		Ja (1 und 2 Jahr $p < 0.001$)
	Mintken et al. (2007)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	8.2 11.2 8.6 7.9		n.a.
	Petterson et al. (2009)	präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ	12.1 8.29 8.07	12.04 [^] 8.02 [^] 7.68 [^]	- Nein zwischen Interventionsgruppen - Ja im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p = 0.004$)
	Petterson & Snyder-Mackler (2006)	präoperativ 9 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 1½ Jahre postoperativ 2 Jahre postoperativ	5.1 4.7 4.4 4.6 4.3		n.a.
SCT (in Sekunden)	Zeni & Snyder-Mackler (2010)	Präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 2 Jahre postoperativ	Zirka 27 13.64 Zirka 12 Zirka 12		Ja (1 und 2 Jahr $p < 0.001$)
	Mintken et al. (2007)	präoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	18 * 18 13		n.a.
	Petterson et al. (2009)	präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ	27.51 14.28 13.62	25.76 [^] 12.78 [^] 11.75 [^]	- Nein zwischen Interventionsgruppen - Ja im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p < 0.001$)
	Petterson & Snyder-Mackler (2006)	präoperativ 9 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ 1½ Jahre postoperativ 2 Jahre postoperativ	7.5 7.1 7.0 7.5 7.4		n.a.
6MGT (in Meter)	Mintken et al. (2007)	präoperativ 3 Wochen postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	483.4 433.4 524.3 518.1		n.a.

	Petterson et al. (2009)	präoperativ 3 Monate postoperativ 1 Jahr postoperativ	401 530 545	401^ 535^ 554^	- Nein zwischen Interventionsgruppen - Ja im Vergleich zur Kontrollgruppe (p=0.003)
	Petterson & Snyder-Mackler (2006)	präoperativ 1 Jahr postoperativ 1½ Jahre postoperativ 2 Jahre postoperativ	915 944 1022 1059		n.a.
3MGT (in Meter)	Avramidis et al. (2003)	postoperativ 6 Wochen postoperativ 3 Monate postoperativ	135.5 176.1 188.2	140.6 151.7 155.9	Ja (6 Wochen p=0.0002; 3 Monate p<0.0001)
Assessment	Referenz (Studien OH-NE NMES)	Zeitpunkt des Assessments	NMES-Gruppe	Kontrollgruppe	Signifikanz
TUG (in Sekunden)	Mizner, Petterson & Snyder-Mackler (2005)	präoperativ 1 Monat postoperativ 3 Monate postoperativ 6 Monate postoperativ	9.6 12 7.9 7.6		Ja (p<0.001)
SCT (in Sekunden)	Mizner, Petterson & Snyder-Mackler (2005)	präoperativ 1 Monat postoperativ 3 Monate postoperativ 6 Monate postoperativ	20 26.3 12.8 11.9		Ja (p<0.001)

n.a. = nicht anwendbar

^ Diese Werte entsprechen nicht den Werten der Kontrollgruppe, sondern denen der Krafttrainingsgruppe.