Aus dem

Friedrich-Baur-Institut

an der Neurologischen Klinik und Poliklinik

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Thomas Brandt

mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Normwertstudie M3 Diagnos System

Maximalkraft als maximale Drehmomente bei gesunden Probanden im Bereich der Armbeuge- und Kniestreckmuskulatur

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig- Maximilians- Universität München

vorgelegt von

Borries Dorstewitz

aus München

im Jahr 2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter:	Priv.- Doz. Dr. med. Maggie Walter
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. Wolfgang Plitz
	Priv.- Doz. Dr. med. Stefan Milz
	Prof. Dr. med. Rainer Breul
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. med. Dr. rer. nat. M. Hartard
Dekan:	Prof. Dr. med. D. Reinhardt
Tag der mündlichen Prüfung:	26.06.2008

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 5

2 GRUNDLAGEN 8

2.1 Begriffsbestimmung 8
2.2 Erscheinungsformen der Kraft 9
2.3 Muskelkraftmessung 9
2.3.1 Statische (Isometrische) Muskelkraftmessung 9
2.3.2 Dynamische (Isokinetische) Muskelkraftmessung 10
2.3.3 Vergleich der gängigen Kraftanalyseverfahren 11
2.4 Einflußfaktoren auf die isometrische Maximalkraft 14
2.4.1 Einflüsse durch die Muskelstruktur 14
2.4.2 Einflüsse durch das nervale System 16
2.4.3 Einflüsse durch biomechanische Aspekte 17
2.4.4 Einflüsse durch die Motivation der Probanden 17
3 STUDIENZIEL 19

4 PROBANDEN UND METHODIK 20

4.1 Datenerhebung und Probandenrekrutierung 20
4.2 Messstandorte 21
4.3 Messgeräte 22
4.3.1 Jamar Hydraulik Handdynamometer 22
4.3.2 m3 Diagnos Multi Muscle Tester 22
4.4 Ablauf und Durchführung der Messung 23
4.4.1 Genereller Ablauf 23
4.4.2 Analyse der Maximalkraft der Unterarme 24
4.4.3 Analyse der Maximalkraft der Armbeugemuskulatur 25
4.4.4 Analyse der Maximalkraft der Kniestreckermuskulatur 26
5 ERGEBNISSE 28

5.1 Anthropometrische Daten der Probanden 28
5.2 Deskriptive Daten 30
5.2.1 Maximalwerte der Knieextension 30
5.2.2 Maximalwerte der Armbeugen 34
5.2.3 Maximalwerte der Handkraft 38
5.2.4 Durchschnittliche BMI- Werte im Altersgang bei Mann und Frau 41
5.3 Korrelationen 43
5.3.1 Korrelation mit dem Body-Maß-Index 45
5.3.2 Korrelation mit den Maximalkraftwerten der Knie-Extension beidseits 45
5.3.3 Korrelation mit der Maximalkratfwert der Knie-Extension links 47
5.3.4 Korrelation mit den Maximalkraftwerten der Armbeugung beidseits 47
6 DISKUSSION 49

7 ZUSAMMENFASSUNG 60

8 VERZEICHNISSE 62

8.1 Abkürzungsverzeichnis 62
8.2 Tabellenverzeichnis 63
8.3 Abbildungsverzeichnis 64
8.4 Graphikverzeichnis 64

8.5 Quellenverzeichnis 65
9 ANHANG..... 75
9.1 Studienprotokoll..... 75
10 DANKSAGUNG..... 79
11 LEBENSLAUF..... 80
12 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG..... 81

1 EINLEITUNG

Die Muskelatrophie gilt als ein wichtiger Indikator für die körperliche Verfassung, die Morbidität und die Mortalität im zunehmenden Alter.[1] Pathologische Veränderungen z.B. des Nervensystems, des Hormonhaushaltes und des Bewegungsapparates, entzündliche und konsumierende Prozesse sowie die Lebensweise werden in direkten Zusammenhang mit dem Muskelschwund gebracht.[2] Eine frühzeitige Erkennung der Muskelatrophie kann daher zur Vermeidung von Folgeschäden von entscheidender Bedeutung sein. So konnte eine vielfach beachtete Langzeitstudie von RANTANEN (1999) anhand einer leicht durchführbaren Analyse der Handkraft bei Männern im Alter zwischen 46 und 68 Jahren nachweisen, dass Probanden mit den geringsten Kraftwerten nach 25 Jahren gehäuft muskuläre Erkrankungen zeigten, bzw. an direkten Folgen der Muskelschwäche wie Invalidität, Verlust der Selbständigkeit und erhebliche Einschränkungen der Lebensqualität litten. [3]

Die Ursache der Muskelatrophie liegt größtenteils im Abbau, bzw. im Verlust der Muskelfasern. Allerdings sind nach heutigem Forschungsstand die genauen Pathomechanismen noch unklar. Deshalb rückt dieses Thema mehr und mehr in den wissenschaftlichen Fokus. Die Auswirkungen der Muskelatrophie sind aus sozioökonomischer Sicht durchaus mit den Folgen der Osteoporose vergleichbar. So entstanden dem Gesundheitssystem der USA nach Einschätzung von JANSSEN allein im Jahr 2000 Kosten von rund 18,5 Milliarden US$ durch Muskelatropie und deren Auswirkungen. [4] Die Osteoporose wurde jüngst durch die WHO zu einer der zehn häufigsten Krankheiten erklärt, basierend auf Schätzungen von RIGGS, in denen er die Folgekosten der Osteoporose im Jahr 1995 auf etwa 13 Milliarden US$ beziffert.[5] Es zeigt sich deutlich, dass die Muskelatrophie somit ein wichtiges Forschungsgebiet darstellt.

Biologisch besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Muskelatrophie und der Osteoporose. Über Kontraktionen der Muskeln werden Torsions- und Biegebeanspruchungen des Knochens hervorgerufen, wodurch eine Stimulation

des Knochengewebes erfolgt und Knochenmasse aufgebaut wird. In Studien konnten ein lineares Verhältnis altersunabhängig zwischen der fettfreien Muskelmasse und der Knochendichte bzw. der Knochenmasse nachgewiesen werden.[6] So kommt es bei Muskelatrophie schneller zu Osteoporose, hingegen wird bei Muskelkrafttraining eine erhöhte Muskeldichte hervorgerufen.[7]

Gegenwärtig existieren auch in den spezialisierten Schwerpunktzentren noch keine einheitlichen Methoden zur Exploration der Muskelkraft. So werden z.B. isometrische als auch isokinetische Meßmethoden angewendet. Ihre Ergebnisse sind somit nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar.[8] Auch im klinischen Alltag werden national wie international vielfach noch manuelle Muskelkraftmessungen angewandt. Sie sind ungenau und nicht ausreichend reproduzierbar. Daher erscheint es sinnvoll und notwendig, ein einheitliches und quantitatives Messverfahren zur Bestimmung der Muskelkraft anzuwenden. Die vorgestellte Studie soll als Vorraussetzung zur standardisierten Analyse der Muskelkraft verstanden werden. Ziel ist es in Zukunft sowohl das Ausmaß und die Verteilung einer Muskelschwäche beurteilen zu können, als auch die Therapieerfolge im Erkrankungsfall, insbesondere neuromuskulärer Erkrankungen, festzuhalten. Als Maßstab zur Beurteilung der allgemeinen Leistungsfähigkeit des neuromuskulären Systems wird die Maximalkraft als ein entscheidendes Kriterium angesehen. Zum Einsatz kommt daher in der vorliegenden Studie die Bestimmung des maximalen isometrischen Drehmoments, da hier Störfaktoren, wie z.B. die beiden Variablen Schnelligkeit der Gelenkbewegung und Änderung der Muskellänge ausgeschaltet werden.[9] Die Herausforderung besteht im Anspruch an die Validität und Reproduzierbarkeit sowie an die Erfassung geringer Veränderungen der Muskelkraft gestellt.[10]

Für die Gewinnung verlässlicher Daten der Studie bedarf es der Erstellung eines repräsentativen Datensatzes als Normwertbasis für Patienten mit beginnender oder bestehender Muskelschwäche. Somit wäre eine Auswertung der individuellen Absolutkraftwerte bei Verwendung des einheitlichen Messsystems unter Berücksichtigung der Referenzdatei in % Abweichung möglich.[11]

Ziel der Studie ist es daher, die Etablierung einer neuen quantitativen Kraftmessmethode mittels Drehmomentmessung mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester vorzubereiten. Hierzu soll die Erstellung von Normwerten für maximale Muskelkraft bei Männern und Frauen in den verschiedenen Altersgruppen von 20 bis 70 Jahren vorgenommen werden. Zum weiteren Verständnis werden im nachfolgenden Kapitel kompakt Grundlagen dargestellt, zudem folgen unter (4.3.2) detaillierte Erläuterungen zum m3 Diagnos Multi Muscle Tester.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Begriffsbestimmung

Allgemein lässt sich die Kraft als eine „gerichtete physikalische Größe, welche die Ursache für Formänderungen oder für die Beschleunigung frei beweglicher Körper ist.“[12] definieren.

Als mathematische Gleichung dargestellt ist die Kraft ~F~ folgendermaßen definiert:

F = m ∗ a (Kraft = Masse mal Beschleunigung)

Physiologisch lässt sich die Kraft als „die Fähigkeit des Muskels sich zu kontrahieren und dabei Längenveränderungen bzw. Zugspannungen zu entwickeln."[13] definieren.

GROSSER et al. beschreiben den Begriff Kraft aus Sicht der Muskelphysiologie wie folgt: „Kraft ist die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse Kontraktionen (mit über 30 % der individuellen Maximalkraft) gegen Widerstände zu erzeugen, und zwar in konzentrischer, exzentrischer und statischer Arbeitsweise“.[14]

Die Kraft lässt sich aus Sicht der Trainingsphysiologie bezüglich der Belastungsintensität in folgende Kategorien einteilen:

- die Maximalkraft (> 85%)
- die Schnellkraft (70- 85%)
- die Kraftausdauer(50- 70%) [15]

Die Prozentwerte beziehen sich auf den willkürlich steuerbaren Muskelkrafteinsatz. „Die Maximalkraft ist die größtmögliche Kraft, die das neuromuskuläre System bei einer Willkürkontraktion ausüben kann“[16. 17.]. Sie ist ein

wichtiges Instrument zur Darstellung der Muskelleistungsfähigkeit und ist somit in der Diagnostik neuromuskulärer Erkrankungen essentiell.[18.19]

2.2 Erscheinungsformen der Kraft

Anhand der Veränderung der Muskellänge während der Muskelaktion werden drei Erscheinungsformen der Kraft unterschieden, nämlich die isokinetisch-konzentrische, die isokinetisch-exzentrische und die isometrische Muskelarbeit. Bei der dynamischen (isokinetischen) Kraftform kommt es während der Muskelarbeit unter Idealbedingungen entweder zu Verkürzung (d.h. dynamisch-positive, bzw. konzentrische Beanspruchung) oder zu Verlängerung (dynamisch-negative bzw. exzentrische Beanspruchung) der Muskellänge bei konstanter Muskelspannung.[20] Die statische Kraft hingegen ruft keine Längenänderung, sondern eine Erhöhung der Muskelspannung im Muskel hervor. Diese Form nennt man isometrische Kontraktion und ist zentraler Gegenstand dieser Studie.

2.3 Muskelkraftmessung

Bei der Erfassung der Muskelkraft kann der Einsatz manueller Muskelkraftmessung zur groben Orientierung hilfreich sein, jedoch werden gering von der Norm abweichende Kraftminderungen nicht erkannt. Daher ist die detaillierte quantitative Evaluierung der Muskelkraft eine notwendige Voraussetzung für die Diagnostik und die Dokumentation des Therapieverlaufes insbesondere bei neuromuskulären Erkrankungen. Durchführbar ist dies unter Anwendung computergestützter Kraftmessung. In klinischen Studien werden solche Messverfahren in der Regel bereits als isokinetische bzw. isometrische Muskelkraftmessungen eingesetzt.

2.3.1 Statische (Isometrische) Muskelkraftmessung

Das statische (=isometrische) Messverfahren ermittelt die Kraft, die gegen einen unüberwindlichen Gegenstand erbracht wird. Diese Messmethode wurde von Autoren zahlreicher Vergleichsstudien angewandt und wird als standardisierte Messmethode angesehen.[21]

„Die Maximalkraftfähigkeit einer ein- oder zweigelenkigen Muskelkette wird durch den isometrisch erfassten Maximalkraftwert abgeschätzt, der in standardisierten Winkelstellungen realisiert werden kann“[22]. Durch die spezielle Konstruktion eines Drehmomentmeßstuhles ist es möglich, die erzeugte Muskelkraft weitestgehend von bewegungskoordinativen Einflüssen frei zu halten. So wurde in der vorliegenden Studie durch Verwendung einer konstanten Winkeleinstellung und angepasster Hebellänge die Störgröße auf ein Minimum reduziert und konnte somit praktisch außer Acht gelassen werden. Die isometrische Messmethode wird heute vor allen Dingen in der Rehabilitationsphase schwerer Erkrankungen oder Verletzungen älterer Patienten eingesetzt. Komplizierte Frakturen können eine über Wochen währende Ruhigstellung für das benachbarte Gelenk nach sich ziehen, sodass eine mögliche Muskelatrophie durch entsprechendes isometrisches Muskeltraining abgeschwächt werden kann. Ein weiterer Aspekt ist die verhältnismäßig einfache Anwendung isometrischer Tests und Bewegungsübungen, da dem Probanden keine erhöhten motorischen Fähigkeiten abverlangt werden.[23] Die Allgemeingültigkeit dieses Meßverfahrens stellt eine zentrale Bedingung dieser Studie dar.

Der Grund, weshalb zahlreiche Studien bei Analysen der Maximalkraft bzw. der Muskelkraft auf isometrische Kraftmessung zurückgreifen ist durch das geringe Verletzungsrisiko, die gute Umsetzbarkeit durch die Probanden und die geringen Kosten zu erklären[24].

2.3.2 Dynamische (Isokinetische) Muskelkraftmessung

Die dynamische Maximalkraftanalyse stellt eine alternative Messmethode zur isometrischen Kraftmessung dar. Es gibt exzentrische, konzentrische, exzentrisch-konzentrische und isokinetische Kontraktionsformen. Letztere beruht auf dem Prinzip der konstanten Winkelgeschwindigkeit. Somit ist sie eine Mischform aus isometrischer und isotonischer Muskelaktion. Das Gerät baut einen dem ausgeübtem Kraftaufwand linear entgegenwirkenden, variablen Widerstand auf.[25]

Bei isokinetischen Testmethoden wird das Drehmoment gemessen, das an extendierten oder flektierten Gelenken auftritt. Dies wird durch die

Geschwindigkeit der Gelenkbewegung als auch des Gelenkswinkels berechnet[26]. Das Prinzip besteht darin, dass ein durch den Probanden ausgelöster Kraftanstieg eine Gegenkraft induziert, sodass daraus eine gleich bleibende Winkelgeschwindigkeit im betroffenen Gelenk resultiert[27].

In den modernen Geräten kommen Servomotoren, Hydraulikzylinder und Mikroprozessoren zum Einsatz, die eine digitale Analyse der Muskelarbeit ermöglichen. Häufig zum Einsatz kommen die Geräte Cybex II™und Kin- Com™, welche sich in der Art der Messableitung unterscheiden. So funktioniert das Cybex™ System über eine zentrale Drehmomentsbestimmung, während sich das Kin- Com™ System eines Druck- und Kraftsensors an dem Hebelarm bedient. Beide Geräte zeichnen sich durch eine hohe Retest-Reliabilität dieser Geräte aus.

Die isokinetische Messmethode findet vor allen Dingen in der Diagnostik zu Muskelstoffwechselanalysen und postoperativer Rehabilitation bei Knieverletzungen ihre Anwendung. Die klassische Maximalkraftanalyse ist mit isokinetischer Messmethode möglich, jedoch bedarf es einer hohen Mitarbeit der Probanden bei deutlich erhöhtem Verletzungsrisiko, da es sich zumeist um komplexe Bewegungsabläufe handelt.[28]

2.3.3 Vergleich der gängigen Kraftanalyseverfahren

In der Regel wird Kraftmessung in Form einer Drehmomentsmessung durchgeführt. Das Drehmoment wird in Newtonmeter (Einheit: [Nm]) gemessen und ist das Vektorprodukt aus Kraftarm mal Kraft:

M= r × F (Drehmoment = Kraftarm mal Kraft)

„Das Drehmoment lässt sich als Maß für das Drehbestreben eines starren Körpers um eine Drehachse bezeichnen“[29]. Bei Gelenkbewegungen handelt es sich um Drehmomente, wobei die Drehachse im rechten Winkel zu der Kraftachse steht. Daraus ergibt sich die Tatsache, dass zur Berechnung der Kraft der Lastarm mit berücksichtig werden muss[30]. Die Gelenkwinkelstellung hat einen direkten Einfluss

auf die Muskelkraft. So ist bei beiden Verfahren auf die Mitarbeit des Probanden und die korrekte Durchführung zu achten. Entscheidend ist die Einhaltung der Mess- und Sitzpositionen des Versuchsteilnehmers, sodass die Achse des Kraftarmes zur Bestimmung des Drehmomentes mit der Gelenkachse der betroffenen Extremität übereinstimmt.

Die Wahl der jeweiligen Methode hängt von der Fragestellung ab. In der modernen Analyse der Muskelkraft haben sich jedoch international die isometrische und isokinetische Methode durchgesetzt. Beide sind hervorragend dazu geeignet Maximalkraftanalysen durchzuführen. Durch die simultane Ableitung elektrischer Potenziale über sich kontrahierenden Muskeln konnte die Basis zur generellen Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Messsystemen errichtet werden[31]. In Betrachtung absoluter Kraftwerte zeigen sich nur eingeschränkt vergleichbare Ergebnisse bei beiden Analysen[32].

Schwachpunkt der statischen Maximalkraftmethode ist eine enorm hohe Belastung der Sehnen, Bänder, Gelenkkapseln, Gelenkknorpel, sodass es hier zu bleibenden Strukturschäden kommen kann. Des Weiteren kann es bei plötzlichen maximalen Kraftanstrengungen zu einer Pressatmung kommen, die bei vorbestehenden Herz- Kreislauferkrankungen zu Kreislaufinstabilitäten führen können[33]. Dem entgegen zu setzen ist bei den isokinetischen Messmethoden keine Belastungsspitze zu befürchten, da gleich bleibende Belastungsgrößen herrschen. Ein Nachteil des isokinetischen Tests ist durch die häufig ausbleibende Berücksichtigung der Gravitationskraft gegeben[34]. Zudem sind die isokinetischen Analyse – und Trainingsgeräte kostspielig und aufwendig. Somit können solche Test und Trainingsdurchläufe nur an geeigneten Rehabilitations- Zentren durchgeführt werden und sind damit zur Standardisierung ungeeignet.

Zusammenfassend folgt eine Gegenüberstellung der verschiedenen Kontraktionsformen und Messmethoden darstellen.

Isometrische Messverfahren	Isokinetisches Messverfahren
Hohe Reproduktionsfähigkeit	Hohe Reliabilität bei intrarater und moderate Reliabilität bei interrater Versuchsreihen
Kontrollierte Bewegungsabläufe mit konstanter Muskellänge	Gute Darstellung physiologischer Bewegungsabläufe mit konstanter Gelenkgeschwindigkeit
Geringe Ermüdung der Muskulatur da nur kurze Kontraktionszeiten	Hoher Ermüdungsgrad der Muskulatur
Geringes Verletzungsrisiko	erhöhte Verletzungsanfälligkeit
Hohe Korrelation mit der Anzahl aktivierter motorischer Einheiten	Hohe Sensitivität bei neuromuskulären Erkrankungen
Geringer Kostenaufwand bei guter Handhabbarkeit	Hoher Kostenfaktor der benötigten Ausrüstung

Tabelle 1 Gegenüberstellung isometrischer und isokinetischer Messverfahren

2.4 Einflußfaktoren auf die isometrische Maximalkraft

Es spielen folgende Faktoren im Zusammenhang mit der Maximalkraft eine große Rolle:

Hauptfaktoren	Unterfaktoren
Morphologie	• Muskelfaserquerschnitt • Muskelfaserstruktur • Muskelfaserdichte/ -zahl
Nervales System	• Intermuskuläre Koordination • Intramuskuläre Koordination
Biomechanik	• Anatomische Gegebenheit, Hebelverhältnisse
Motivation	• Auslöschung von Hemmreflexen

Tabelle 2: Haupteinflussfaktoren auf die Maximalkraft

2.4.1 Einflüsse durch die Muskelstruktur

Die Maximalkraft ist zunächst direkt vom Aufbau und der Zusammensetzung des Muskels abhängig. Die Muskulatur nimmt als Gesamtmasse von fast 40 - 50 % den größten Anteil am Gesamtkörpergewicht ein[35]. Dabei hat sie wichtige Aufgaben in der Haltefunktion, Motorik und Feinmotorik. Die Grundeinheit eines Muskels ist die Muskelfaser. Diese ist eine vielkernige Zelle, die bis zu 12 cm lang ist und einen Durchmesser von 20- 100 µm hat. Die Muskelfasern werden in Hinsicht auf ihr Kontraktionsverhalten, basierend auf der Untersuchung anhand provozierter Muskelzuckungen (engl.: twitch)[36], grundsätzlich in schnell zuckende Muskelfasern[37] (fast-twitch: FT- Fasern) und langsam zuckende Fasern (slow-twitch: ST- Fasern) eingeteilt. Die ST Fasern entsprechen dem Typ I Fasern, die FT- Fasern entsprechen den Typ II Fasern. Die Muskelfasern unterscheiden sich sowohl in Metabolismus, enzymatischer Aktivität als auch in Kontraktionsgeschwindigkeit und Ermüdungsresistenz[38]. Es zeigte sich bei

histologischen Analysen der verschieden Muskeltypen eine gemäß ihrer Arbeitsform entsprechende Verteilung an Typ I und Typ II Muskelfasern. Die Typ I Muskelfasern sind für die Stützmotorik entscheidend und finden sich von daher vermehrt in den Muskeln mit Halte- und Stabilisationsaufgaben (z.B. die Rückenmuskulatur, die Hüftmuskulatur oder der Schollenmuskel). [39] Sie werden durch die kleinen α- Motoneurone bei geringer Frequenz (10- 20 Aktionspotentiale/ Sekunde) innerviert. Sie weisen einen oxidativen Stoffwechsel auf, indem sie insbesondere freie Fettsäuren metabolisieren[40]. Die schnellzuckenden Muskelfasern sind bei der Zielmotorik unentbehrlich und sind somit mehrheitlich in den Extremitäten vertreten (z.B. der Mm. biceps et triceps brachii). Sie bedienen sich der Kohlenhydrate als Stoffwechselgrundlage.[41] Bei einer Frequenzrate von bis zu 40 Aktionspotentialen in der Sekunde, die durch die Innervation großer α-Motoneurone hervorgerufen werden, sind vor allen Dingen schnelle Bewegungen durchführbar. Jedoch zeigt dieser Muskelfasertyp eine herabgesetzte Ermüdungsresistenz. [42]

In der tabellarischen Übersicht sind die Fasertypen und ihre Eigenschaften zusammengeführt:

Einteilung der Fasertypen			
Fasertypen	I	IIA	IIB
Farbe	Rot	Rosa	Weiß
Kontraktionsform	Langsame Zuckung (auch ST-Faser genannt)	Schnelle Zuckung (auch FOG- Faser genannt)	Schnelle Zuckung (auch FT- Faser genannt)
Ermüdbarkeit	Gering	Mittel	Rasch
Stoffwechsel	Oxidativ	Glykolytisch und oxidativ	Glykolytisch
Myosin- ATPase-Aktivität	Niedrig	Hoch	Hoch
Laktaktdehydogenase- Aktivität	Niedrig	Mittel oder hoch	Hoch
Arbeitsweise	Einsatz bei lang durchgeführten Bewegungen mit geringer Kraftentwicklung	Einsatz bei lang durchgeführten Bewegungen mit relativ hoher Kraftentwicklung	Wellenförmigen Belastungen mit hoher Kraftentwicklung (z. B. Sprints)

Tabelle 3: Einteilung der Fasertypen

Aufgrund des genetisch bedingten mosaikartigen Verteilungsmusters der Muskelfaser-Typen FT und ST und der wesentlichen Abhängigkeit der Kraftentfaltung vom Anteil der ST Fasern gibt es interindividuell deutliche Veranlagungsunterschiede bei der Erzielung hoher Kraftwerte[43]. Je mehr Typ II Fasern im Muskel vertreten sind desto höher ist die Maximalkraft des Muskels. Interessanterweise betreffen nun die degenerativen Prozesse im Rahmen der altersbedingten Muskelatrophie zumeist den Fasertyp II[44]. Im fortgeschrittenen Alter weichen Muskelfasern des Typs II bis zu 55%, während die des Typs I lediglich zu 25 % atrophieren [45]. Der Verlust an Muskelfasern beginnt bereits im Kindesalter[46], jedoch zeigten autoptische Studien von LEXELL, dass der größte Rückgang an Muskelfasern [47]zwischen der 5.und 7. Dekade stattfindet.[48]

Die Maximalkraft korreliert zudem positiv mit dem Muskelfaserquerschnitt und der Filamentdichte. [49] Der Muskelfaserquerschnitt entspricht dem Faserquerschnitt aller motorischen Einheiten. Dabei spielt nicht der anatomische Querschnitt, sondern vielmehr der Durchmesser der rechtwinklig verlaufenden Muskelfaserbündel die entscheidende Rolle [50]. Die Filamentdichte (= Anzahl der Muskelfasern auf einem Quadratzentimeter) ist ausschlaggebend für die Kontraktilität eines Muskels und damit die Kraftentfaltung. Hier zeigen sich in der Analyse in Hinblick auf die Maximalkraft beim Vergleich zwischen Mann und Frau deutliche Vorteile für den Mann. Sowohl die Anzahl der Muskelfasern als auch die Länge der Muskelfasern ist beim Mann höher bzw. größer als bei der Frau[51]. Des Weiteren stehen dem Mann im Vergleich zur Frau mehr motorische Einheiten pro Muskelfaser zu Verfügung.[52] Es resultiert hieraus nach Einschätzung mehrerer Autoren, dass die Maximalkraftwerte bei Männern um 30- 50% höher liegen als bei Frauen[53 54 55].

2.4.2 Einflüsse durch das nervale System

Zur Erzielung maximaler Kraftwerte gilt als weitere wichtige Voraussetzung eine Synergie der Muskelgruppen durch die exakte nervale Steuerung zu erreichen. Das geordnete Zusammenspiel der Muskeln ist nur durch gezielte koordinierte Aktivierung der Agonisten und Hemmung der Antagonisten möglich.[56] Die Koordination findet dabei durch neuronale Verschaltung auf verschiedenen

Ebenen des neuromuskulären Systems statt (prämotorischer Kortex, Motorkortex, Basalganglien, Rückenmark, motorische Einheit des Skelettmuskels). Die Durchführung „stufenloser und flüssiger“ Bewegungen vollzieht sich nach GROSSER und STARISCHKA (1998) durch die Steuerung der großen Muskelschlingen im Motorkortex, wobei das Zusammenspiel als intermuskuläre Koordination[57] bezeichnet wird.

Die intramuskuläre Koordination hingegen ermöglicht eine effiziente Arbeitsweise des Muskels. Bei Kraftsteigerung werden so einerseits stufenweise motorische Einheiten hinzugeschaltet (sog. Rekrutierung), andererseits findet eine adaptive Frequenzmodulierung der Aktionspotentiale statt[58]. Die Rekrutierung ist bei Willkürkontraktionen nach oben hin limitiert und endet bei 70 % der maximalen Absolutkraft. Die Absolutkraft wird definiert als: „das höchstmögliche Kraftpotential, das ein Muskel aufgrund seines physiologischen Querschnitts und seiner Qualität zur Verfügung hat[59]. Sie setzt sich zusammen aus der (willkürlich steuerbaren) Maximalkraft und der willkürlich nicht erfassbaren Kraftreserve (autonom geschützte Reserven)“[60]. Derartige Werte treten aufgrund des willkürlich nicht steuerbaren Teils nur in Hypnose oder bei lebensbedrohenden Situationen auf.[61].

2.4.3 Einflüsse durch biomechanische Aspekte

Die Entwicklung der Kraft hängt nach physikalischen Gesetzen unter anderem von der Hebellänge ab[62]. Deshalb haben Probanden mit günstigeren anatomischen Gegebenheiten bessere Voraussetzungen höhere Maximalwerte zu erreichen[63]. Die Drehmomentsmessung ist jedoch von der Hebellänge unabhängig und ist somit als optimale Methode anzusehen. Somit werden die Muskelkraftwerte verschiedener Probanden in der vorliegenden Studie miteinander vergleichbar.

2.4.4 Einflüsse durch die Motivation der Probanden

Die Motivation der Probanden kann ein erheblicher Störfaktor bei der Ermittlung der Maximalkraft sein. Sie kann durch fehlende Compliance, Schmerzen, Müdigkeit, Stress usw. verändert werden. So zeigten standardisierte Untersuchungen der Maximalkraft durch GROSSER und ZINTL eine

Schwankungsbreite von 4- 8 %. [64] Ursachen hierfür können beispielsweise die Mobilisierung zusätzlicher Kraftreserven oder die Überwindung von Hemmreflexen sein. Allerdings ist unter normalen Bedingungen niemals 100% der Maximalkraft willkürlich aktivierbar. Im untrainierten Zustand werden circa 70% der potentiellen Maximalkraft erreicht. In Ausnahmefällen (Lebensbedrohung) können annähernd 100% der Maximalkraft mobilisiert werden (Vgl. unter 2.4.2.). Auch der Versuchsleiter selber kann die Versuchsergebnisse z.B. durch fehlende Animation des Probanden beeinträchtigen[65].

3 STUDIENZIEL

In der prospektiven Studie sollen an 300 Probanden im Alter zwischen 20 und 70 Jahren Normwerte für die quantitative Messung der isometrischen Maximalkraft per Drehmomentsmessung mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester erstellt werden. Die Maximalkraft gilt als zuverlässig prüfbarer Indikator der allgemeinen Muskelleistung. Ziel dieser Studie ist es, einen sinnvollen Referenzrahmen für die Interpretation der Maximalkraft bei männlichen und weiblichen Normalpersonen innerhalb verschiedener Altersgruppen zu erstellen und diese Daten im Verhältnis zu Alter, Geschlecht und Körpergewicht zu werten. Dazu soll die Maximalkraft in 2 Muskelgruppen (Kniestreck- und Armbeugmuskulatur) per Drehmomentsmessung mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester der Firma Schnell, Peutenhausen, Deutschland ermittelt werden. Um die Vergleichbarkeit zu einer bereits etablierten Messmethode zu gewährleisten, wurde zusätzlich bei jedem Probanden die Maximalkraft beim Faustschluß gemessen. Hierbei wurde der Jamar Hydraulik Handdynamometer der Firma Sammons Preston, Bolingbrook, Irland verwendet.

Ziel dieser Studie ist 1. die Etablierung einer neuen quantitativen Kraftmessmethode mit Hilfe der isometrischen Drehmomentsmessung anhand des m3 Diagnos Multi Muscle Tester, 2. der Vergleich mit herkömmlicher quantitativer Kraftmessung mittels Handdynamometer und 3. die Erstellung von Normwerten für maximale Muskelkraft bei Männern und Frauen in verschiedenen Altersgruppen.

In dieser Studie soll der Schwerpunkt der Datenanalyse auf die geschlechtsspezifischen Unterschiede und den Einfluss der Körperzusammensetzung in Form des Body- Mass- Index auf die Maximalkraft gelegt werden.

4 PROBANDEN UND METHODIK

4.1 Datenerhebung und Probandenrekrutierung

Die Probanden wurden nach Grundlage einer Adressenliste mit über 100000 Anschriften im Raum München per Zufallsverfahren angeschrieben und zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Bei entsprechender Rückmeldung erfolgte eine Kontaktaufnahme vorab, um etwaige Ausschlusskriterien festzustellen. Das Anschreiben enthielt detaillierte Informationen über Sinn und Zweck der Studie, sowie einen Fragenkatalog, der sich auf die Ausschlusskriterien bezog (siehe Anhang). Der Rücklauf war erfreulicherweise sehr hoch und betrug in etwa 5 %. Das Probandengut setzte sich aus den verschiedensten Berufsständen zusammen, die Motivation an der Studie teilzunehmen war vielfältig. Im Rahmen des vorgegebenen Bereiches gab es eine große Bandbreite sportlicher Betätigung an Quantität und Spezifität. Somit wurde unter Berücksichtigung der Vorgaben ein möglichst heterogenes Probandengut zur Durchführung einer Normwertstudie untersucht.

An der prospektiven Studie nahmen insgesamt 301 Probanden teil, die bezüglich des Geschlechtes und des Alters in 10 Gruppen eingeteilt wurden. Es wurden 5 Altersdekaden in den Abschnitten 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 und 60-69 gebildet, jeweils nach Geschlecht getrennt.

Für die Teilnahme an der Studie wurden Kriterien festgelegt, welche die Probanden erfüllen mussten. Eingeschlossen waren volljährige Probanden im Alter zwischen 20 und 69 Jahren, die sich während des Studienzeitraums in den oben genannten Altersintervallen befanden und nicht den folgenden Ausschlusskriterien unterlagen:

- Vorliegen chronischer Erkrankungen
- Akute Erkrankungen innerhalb der letzten zwei Wochen vor der Untersuchung
- Alkoholabhängigkeit

- Einnahme von Medikamenten oder Substanzen, von denen ein direkter Einfluss auf die Muskulatur ausgeht oder anzunehmen ist
- Konsumierung von mehr als 50 Zigaretten innerhalb der letzten 48 Stunden
- Mehr als 2 Stunden Sport pro Woche

Im Vorfeld der Untersuchung wurde mit den Probanden ein Gespräch geführt, welches einerseits der Darstellung der Studieninhalte und Studienziele diente und andererseits eine Anamnese des Probanden beinhaltete. Auf diese Weise konnte überdies das Körpergewicht, die Körpergröße, der „Body-Mass-Index“ - BMI (Quotient aus Körpergewicht [kg] durch Körpergröße zum Quadrat [m²]) [66]-, das Lebensalter und das Aktivitätsniveau (wöchentlicher Aktivitätsumfang in Stunden) erfasst werden.

Im Rahmen dieses Gespräches wurde der Proband im vollen Umfang über die Tragweite der Studie aufgeklärt. Dem Proband war es zu jedem Zeitpunkt möglich, ohne Angaben von Gründen die Studie abzubrechen. Die Teilnahme fand auf freiwilliger Basis und ohne Aufwandsentschädigungen statt. (Vergleiche hierzu im Anhang befindliches Exemplar).

Im Anschluss an das Gespräch fand eine genaue körperliche Untersuchung statt, um Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems und des muskuloskeletalen Systems auszuschließen.

4.2 Messstandorte

Die Untersuchungen fanden an dem Messstandort der Ambulanz und der Station des Friedrich- Baur Institutes der LMU München, Ziemssenstr.1 80336 München, statt.

4.3 Messgeräte

4.3.1 Jamar Hydraulik Handdynamometer

Zur Analyse der Unterarmmuskulatur wurde ein Handdynamometer des Typs Jamar Hydraulik der Firma Sammons Priston verwendet. Dieses wurde zur Messung der Kraft beim Faustschluß entwickelt.

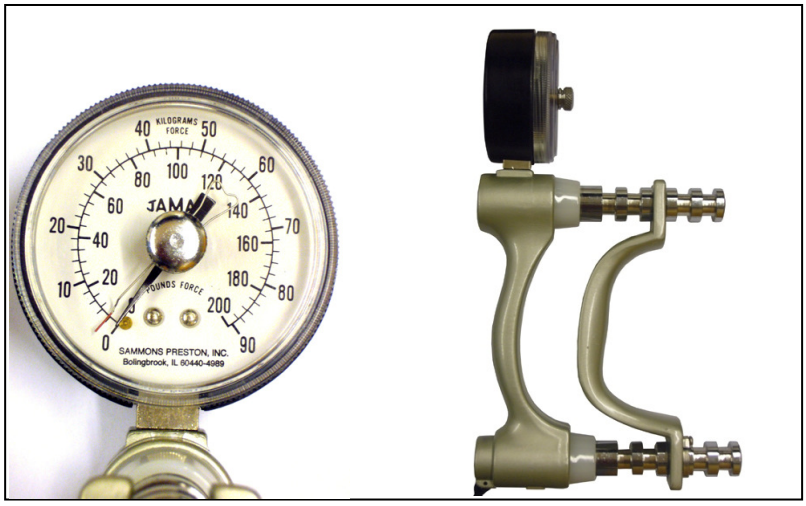


Abbildung 1 Jamar Handdynamometer von vorne und seitlich

4.3.2 m3 Diagnos Multi Muscle Tester

Für die Analyse der Kniestreck- und Armbeugemuskulatur kam das System m3 Diagnos Multi Muscle Tester der Firma Schnell zum Einsatz. Es handelt sich um ein multifunktionales Krafttrainings- und Kraftanalysegerät.

Abbildung 2 m3 Diagnos Multi Muscle Tester

Durch Umstecken der verschiedenen Elemente können zahlreiche Muskelgruppen isoliert und punktuell analysiert werden. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, kann durch flexibles Anbringen der Sitz- und Stützelemente - in Form von Steckpolsterflächen- eine breite Palette an Tests verschiedener Muskelgruppen vorgenommen werden. Der Kraftarm ist 360° drehbar sodass jegliche Gradzahl eingestellt werden kann. Grundsätzlich kann ein Analyse- und ein Trainingsmodus verwendet werden. Das Gerät zeichnet sich durch die Vielseitigkeit und bedienerfreundliche Anwendung aus und reduziert zudem das Verletzungsrisiko aufgrund der guten Umsetzbarkeit durch die Probanden erheblich. Es war somit möglich, Probanden verschiedenen Alters und Konstitution teilnehmen zu lassen. Die vorgestellte Studie konnte ohne einen verletzungsbedingten Abbruch durchgeführt werden.

4.4 Ablauf und Durchführung der Messung

4.4.1 Genereller Ablauf

Die Positionierung und Kalibrierung am m3 Diagnos Multi Muscle Tester liefen streng standardisiert ab. Dabei war der Lastarm, der an einen Zug-, Druck- und Kraftaufnehmer gekoppelt ist, am Messgerät fixiert. Über eine PC-Einschubkarte mit 8 Kanal Bit A/D Wandler wurden die Analogsignale in ein Softwareprogramm übernommen und aufgezeichnet. Die Maximalkraft wurde in [Nm] angegeben.

Gemessen wurde das erzeugte Drehmoment gegen einen unüberwindbaren Widerstand. Das Softwareprogramm gab für jede Muskelgruppe eine “Soll-Winkeleinstellung“ vor, mit der die Winkeleinstellung des Messarmes in Übereinstimmung gebracht werden musste. Individuelle Anpassung an die jeweilige Körpergröße war durch Verschiebung der Griffe bzw. der Polsterrolle optimal vorzunehmen. Weiterhin diente eine Skala zu Bestimmung der exakten Hebellänge. Selbige wurde jeweils abgelesen und notiert.

Betreffend der Testungen am m3 Diagnos Multi Muscle Tester wurden in der Regel 3-5 Wiederholung mit einer maximalen Belastungsdauer von 5 Sekunden durchgeführt. Dennoch war es dem Probanden freigestellt die Anzahl der Wiederholung eigenmächtig festzulegen. Es war eine Eingewöhnung an das Gerät von zumeist 2 „Probeversuchen“ vorgesehen, die dem Probanden die Möglichkeit gaben sich mit dem Gerät vertraut zu machen. Aufgezeichnet wurden jeweils die 3 besten Werte jedes einzelnen Durchlaufes. Zur statistischen Erfassung gelangte in der Folge nur der Maximalwert aus diesen 3 Werten. Während der Messung wurde der Proband durch Zurufe des Versuchsleiters zu einer Maximalleistung animiert.

4.4.2 Analyse der Maximalkraft der Unterarme

Um die neue Messmethode der Maximalkraft mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester generell vergleichbar zu machen wurde mit der Analyse der Maximalkraft der Unterarm mit dem Handdynamometer ein gängiges Messgerät herangezogen.

Es bestanden 5 mögliche Einstellungspositionen der Griffe zur Anpassung an die individuelle Handgröße. Eine Doppelskala von 0- 90 Kg mit Endpunkterfassung ermöglichte eine exakte Messung.

Der Proband stand bei der Messung aufrecht, ließ dabei den nicht zu messenden Arm seitlich am Körper hängen, während der zu messende Arm an der Körperseite anlag. Dabei beschrieb er im Ellenbogengelenk einen rechten Winkel. Der Handdynamometer wurde an den Griffen umfasst und mit der Anzeige mit Doppelskala in Richtung des Untersuchers gehalten.

Abbildung 3 Halteposition bei der Messung der Handkraft von vorne und seitlich

Durch kräftigen Faustschluss über maximal 5 Sekunden bei 3-maliger Wiederholung wurde die Maximalkraft der Unterarmmuskulatur beidseits nacheinander ermittelt. Der jeweils höchste Kraftwert wurde in die Statistik übernommen.

4.4.3 Analyse der Maximalkraft der Armbeugemuskulatur

Der Proband saß während der Messung der Maximalkraft der Armbeugemuskulatur mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester aufrecht auf einer Bank, seine Oberarme lagen parallel auf einer leicht nach hinten gekippten Auflage auf. Die Handinnenflächen zeigten nach oben, die Unterarme waren 90 ° gebeugt. Die Handgelenke befanden sich in der Ebene der Unterarme. Es galt darauf zu achten, dass die Gelenkachse des Ellenbogengelenkes durch die Drehachse des Kraftarms des Gerätes verlief. Eine zur besseren Orientierung aufgebrachte Markierung erleichterte hierbei die richtige Einstellung. Der Proband umfasste nun einen Doppelgriff, welcher parallel zum Oberarmpolster stand und durch eine Stellschraube an dem Kraftarm fixiert wurde. Die Zugrichtung erfolgte in Richtung Zimmerdecke.

Abbildung 4 Sitzposition bei der Messung der Armbeugen von vorne und seitlich

4.4.4 Analyse der Maximalkraft der Kniestreckermuskulatur

Die Messung der der Maximalkraft der Kniestreckermuskulatur erfolgte ebenfalls am m3 Diagnos Multi Muscle Tester. Der Proband saß während der Messung aufrecht im Hüftgelenk 90° gebeugt auf der Sitzfläche mit gepolsterter Rückenlehne, die am Messgerät anzubringen ist. Hierbei galt es auf die identische Achse des Kniegelenkes und der Drehachse zu achten. Ziel war es, dass die Achse des Messgerätes mit dem Drehpunkt des Kniegelenkes weitgehend übereinstimmte.

Um Hilfsbewegungen mit dem Rumpf zu verhindern, wurde der integrierte Sitzgurt für das Becken verwendet. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die Probanden die Haltegriffe am Sitz nicht unterstützend benutzten, sondern die Arme vor der Brust verschränkten um eine nahezu isolierte Krafterzeugung aus der Kniestreckmuskulatur zu erreichen. Zur Kraftmessung wurde eine Polsterrolle auf Höhe der Malleolengabel über eine Stellschraube am Messarm fixiert.

Abbildung 5 Sitzposition Messung der Knieextension von vorn und seitlich

5 ERGEBNISSE

5.1 Anthropometrische Daten der Probanden

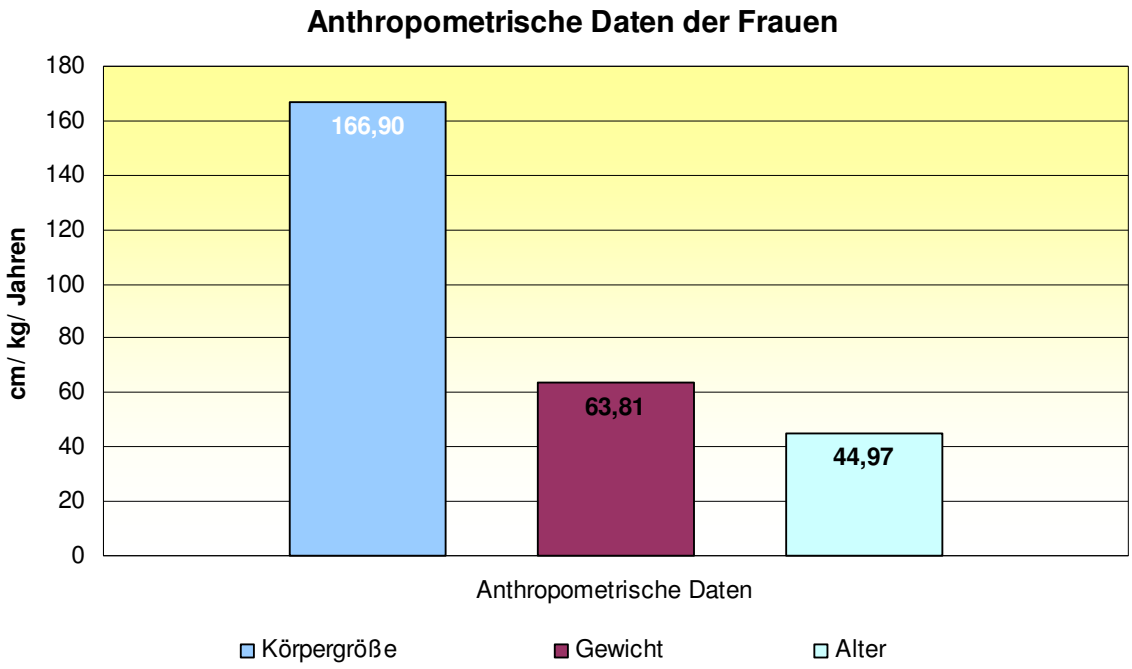
Ziel dieser Studie war es, Referenzdaten für eine breite Altersspanne zu liefern, wobei diese gleichmäßig auf beide Geschlechter verteilt sein sollen. Hierzu wurde eine durchschnittliche Minimahlzahl von 30 Probanden pro Dekade festgelegt. Die Altersspanne erstreckte sich vom 20.ten- 69.ten Lebensjahr.

Es haben insgesamt N = 301 Versuchspersonen an dieser Untersuchung teilgenommen.

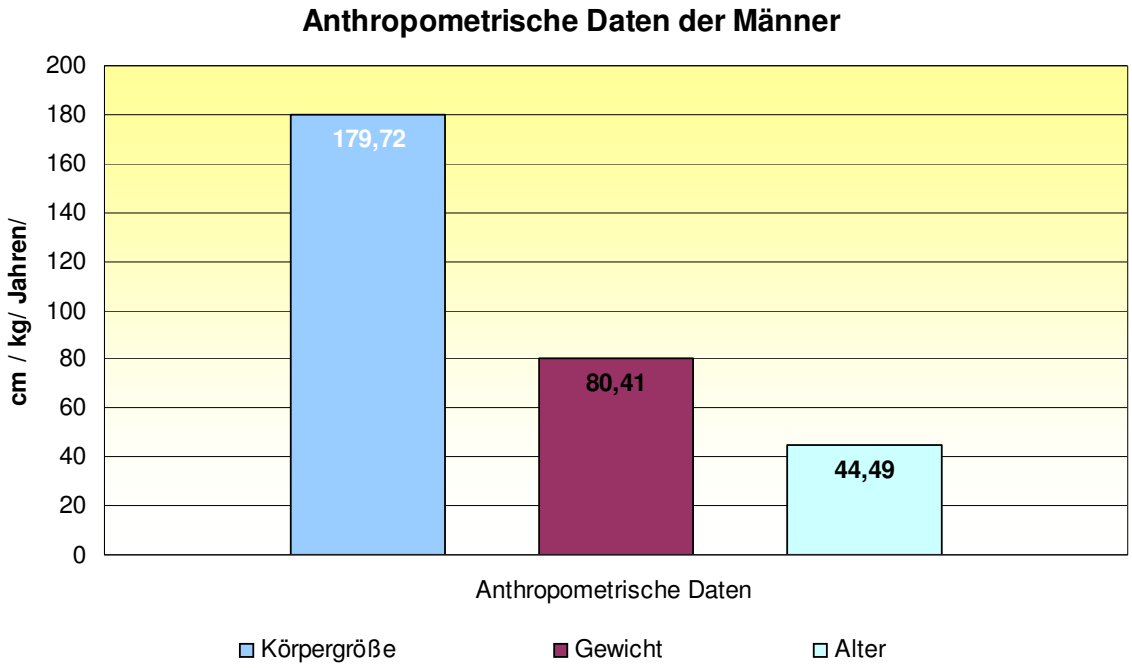
	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Alter zum Messzeitpunkt [Jahren]	301	44,72	14,38	20	69
Körpergröße [cm]	301	173,46	9,06	155	196
Körpergewicht [kg]	301	72,30	13,32	45	108
Body Mass Index [kg/m²]	300	23,90	3,48	16,73	40,65
Knie-Extension Bmax [Nm]	301	398,30	141,01	119,8	864,4
Knie-Extension Lmax [Nm]	301	216,32	71,63	73,57	489
Knie-Extension Rmax [Nm]	301	218,35	71,98	66,08	470,1
Armbeugen Bmax [Nm]	301	108,88	40,74	38,2	215,9
Armbeugen Lmax [Nm]	301	57,41	21,23	22,47	128,2
Armbeugen Rmax [Nm]	300	58,60	20,96	25,55	136,1
Handkraft R [kg]	301	41,84	12,28	18	76
Handkraft L [kg]	301	39,59	11,91	16	72

Tabelle 4 Gesamtübersicht der anthropometrischen Daten und Kraftwerte der Teilnehmer

Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer beträgt MW=44,72 Jahre mit einer Standardabweichung von SD=14,38, wobei der jüngste Versuchteilnehmer 20 Jahre und der älteste Versuchteilnehmer 69 Jahre alt war. Die durchschnittliche Körpergröße in Zentimeter beträgt MW=173,46cm mit einer Standardabweichung von SD=9,06cm mit einer kleinsten Größe von 155cm und einer maximalen Größe von 196cm. Das durchschnittliche Gewicht beträgt MW=72,30kg (SD=13,32kg) mit einem Minimum von 45kg und einem Maximum von 108kg. Der Mittelwert des daraus berechneten BMIs beträgt MW=23,90 mit einer Standardabweichung von SD=3,48 (BMImin=16,73, BMImax=40,65).



Graphik 1: Mittelwerte des Alters und der Körpermaße der Frauen



Graphik 2: Mittelwerte des Alters und der Körpermaße der Männer

5.2 Deskriptive Daten

5.2.1 Maximalwerte der Knieextension

Der mittlere Wert der maximalen bilateralen Knieextension beträgt MW=398,30 (SD=141,01) mit einem kleinsten Wert von 120,00 und einem größten Wert von 864,00. Der Mittelwert der maximalen Knie-Extension des linken Beins beträgt MW=216,32 (SD=71,63; Min=73,6; Max=489,0) und der Mittelwert der maximalen Knie-Extension des rechten Beins beträgt MW=218,35 (SD=71,98; Min=66,1; Max=470,1)

Die maximale Knie-Extension beider Beine sinkt signifikant (F=13,14, df=4; p=.00) mit zunehmendem Alter. Beim linken Bein sinken mit zunehmendem Alter die Werte der maximalen linken Knie-Extension signifikant (F=12,25, df=4; p=.00).Auch die maximale Knie-Extension des rechten Beins wird mit zunehmendem Alter signifikant (F=11,91, df=4; p=.00) geringer.

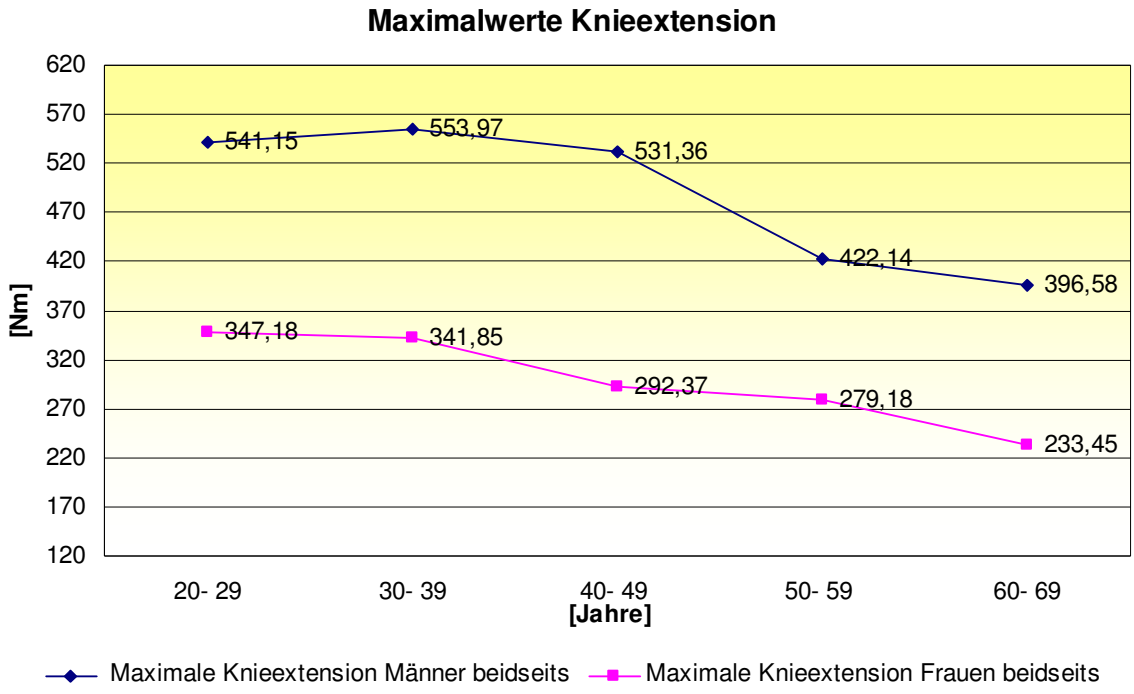
5.2.1.1 Maximalwerte der beidseitigen Knieextension im Geschlechter-Vergleich

Variable	Knie-Extension Bmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	541,15	553,97	531,36	422,14	396,58
SD [Nm]	110,262	107,508	120,125	85,444	90,898

Tabelle 5 Knie-Extension Bmax mit Standardabweichung Männer im Alters-Vergleich

Variable	Knie-Extension Bmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	347,18	341,85	292,37	279,18	233,45
SD[Nm]	77,71	74,791	70,884	46,566	66,881

Tabelle 6 Knie-Extension Bmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich



Graphik 3: Maximalwerte der Knieextension beidseits Männer und Frauen

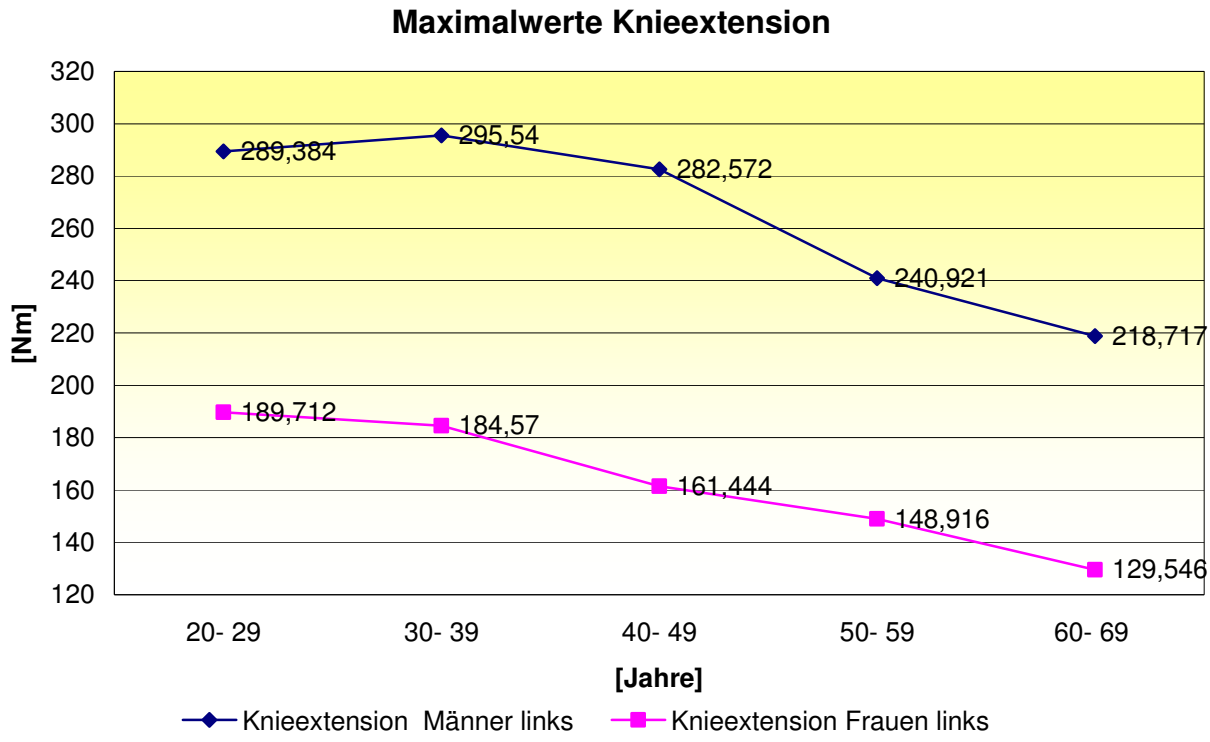
5.2.1.2 Maximalwerte der linksseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich

Variable	Knie-Extension Lmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	289,54	295,54	282,572	240,921	218,717
SD [Nm]	47,7586	57,1069	57,5282	39,886	47,8652

Tabelle 7 Knie-Extension Lmax mit Standardabweichung Männer im Alters-Vergleich

Variable	Knie-Extension Lmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	189,712	184,57	161,44	148,92	129,55
SD [Nm]	41,265	33,814	29,935	22,747	28,183

Tabelle 8 Knie-Extension Lmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich



Graphik 4: Maximalwerte der linksseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich

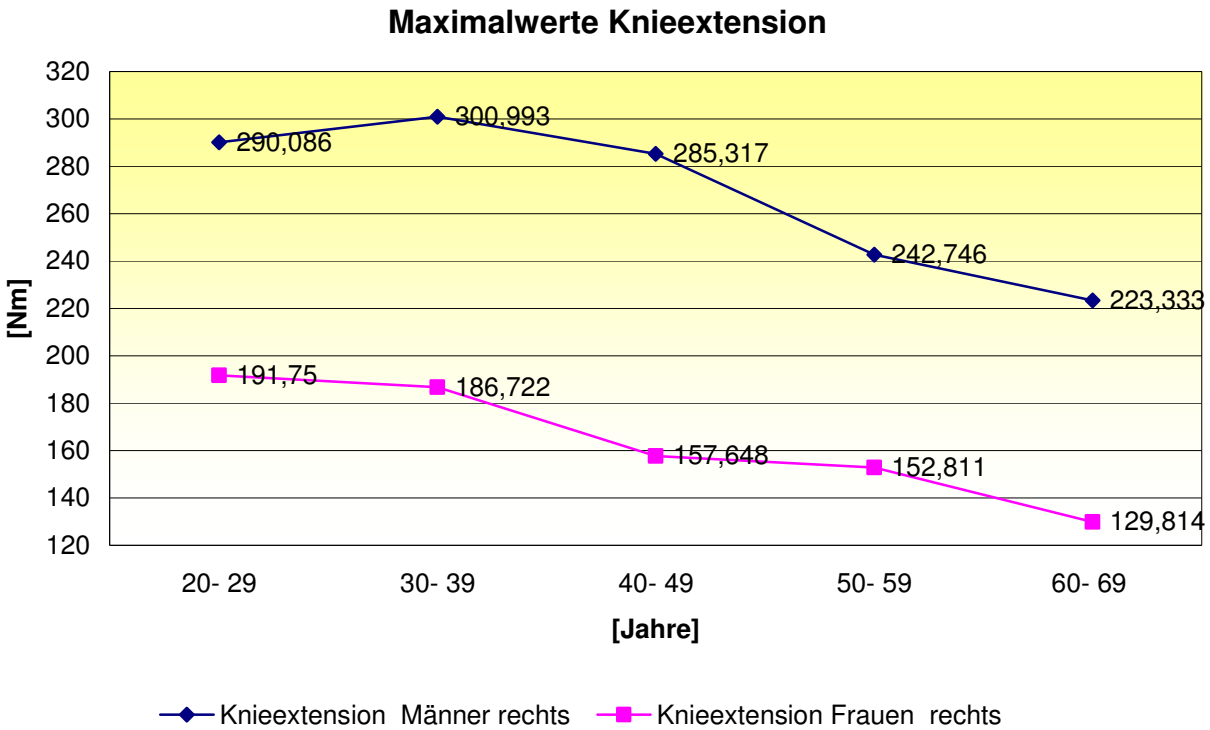
5.2.1.3 Maximalwerte der rechtsseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich

Variable	Knie-Extension Rmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	290,08	300,96	285,31	242,74	223,33
SD [Nm]	50,953	53,707	57,161	31,494	48,079

Tabelle 12 Knie-Extension Rmax mit Standardabweichung Männer im Alters-Vergleich

Variable	Knie-Extension R max				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	191,75	186,722	157,811	152,811	129,814
SD [Nm]	40,194	39,814	27,447	17,743	28,7023

Tabelle 9 Knie-Extension Rmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich



Graphik 5: Maximalwerte der rechtsseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich

5.2.2 Maximalwerte der Armbeugen

Der Mittelwert der maximalen Messungen bei den Armbeugen beidseitig beträgt MW=108,88 mit einer Standardabweichung von SD=40,74, einem Minimum von 38,2 und einem Maximum von 215,9. Der durchschnittliche Wert der maximalen Messung beim linken Arm liegt bei MW=57,41 bei einer Standardabweichung von SD=21,23. Die geringste Messung liegt bei 22,5 und die größte Messung bei 128,2. Beim rechten Arm liegt der Durchschnitt bei MW=58,60. Dessen Standardabweichung beträgt SD=20,96, das Minimum liegt bei 25,55 und das Maximum bei 136,10. Die Werte für die Armbeugen der rechten und der linken Seite sinken bis zum 69. Lebensjahr kontinuierlich. Auszunehmen sind die Frauen, bei denen sich im Intervall der 60Jährigen bei den Maximalwerten der linken Armbeugung ein Aufwärtstrend zeigt. Insgesamt betrachtet ist eine signifikante ($F=2,62$, $df=4$; $p=.04$) Verschlechterung der Leistung zu verzeichnen.Die Werte der maximalen rechten Armbeugen sinken signifikant ($F=2,61$, $df=4$; $p=.04$) bis einschließlich der Altersklasse 60-69 Jahre.

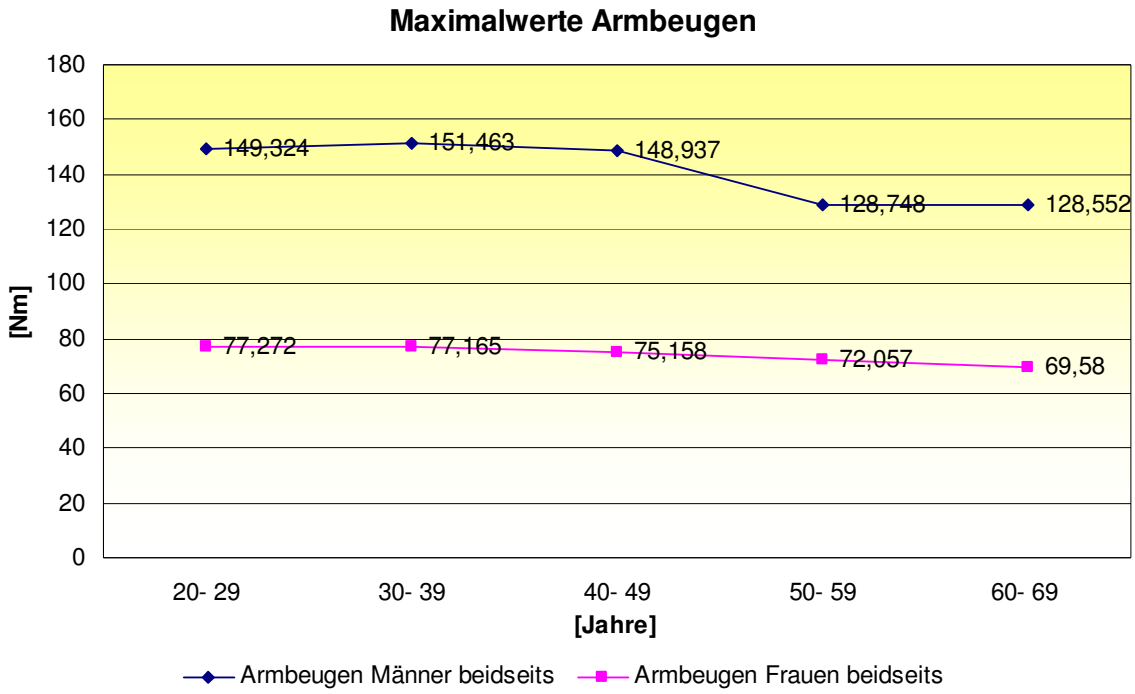
5.2.2.1 Maximalwerte der beidseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

Variable	Armbeugen Bmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	149,324	151,463	148,937	128,748	128,522
SD [Nm]	22,927	20,832	28,502	34,247	30,516

Tabelle 10 Armbeugen Bmax mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich

Variable	Armbeugen Bmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	77,272	77,165	75,185	72,057	69,580
SD [Nm]	14,557	13,253	11,039	12,093	13,687

Tabelle 11 Armbeugen Bmax mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich



Graphik 6: Maximalwerte der beidseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

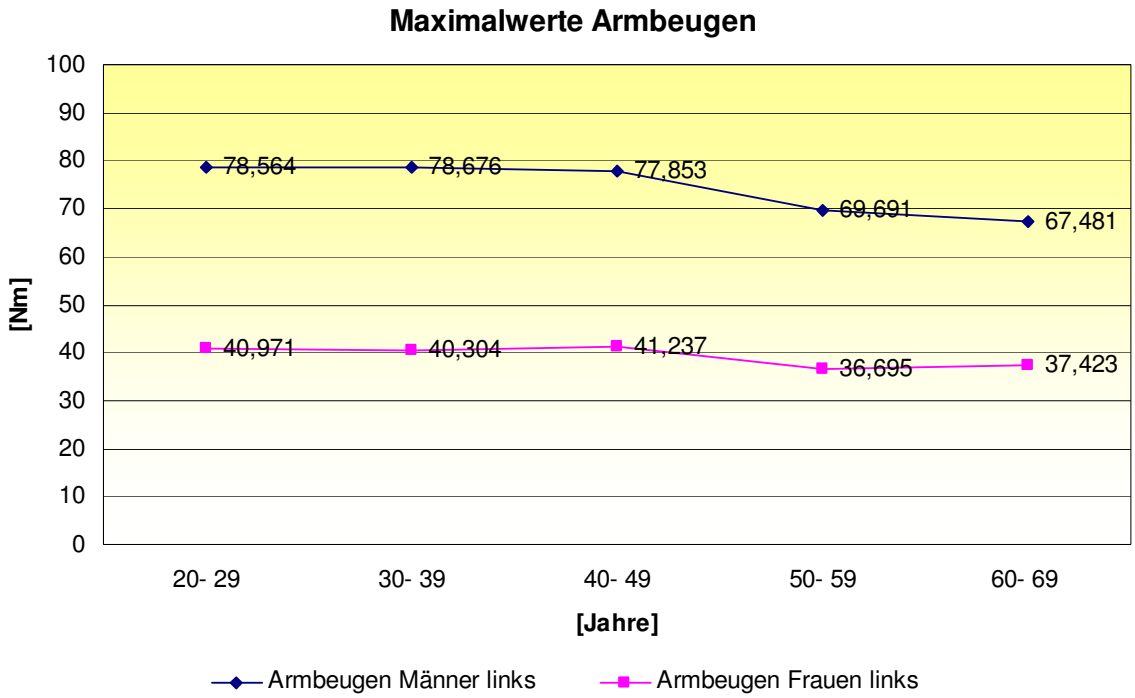
5.2.2.2 Maximalwerte der linksseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

Variable	Armbeugen Lmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	78,564	78,676	77,853	69,961	67,481
SD [Nm]	12,297	11,115	17,340	12,660	16,911

Tabelle 12 Armbeugen links mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich

Variable	Armbeugen Lmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	40,971	40,304	41,237	36,695	37,423
SD [Nm]	7,541	7,696	7,164	6,864	5,509

Tabelle 13 Armbeugen links mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich



Graphik 7: Maximalwerte der linksseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

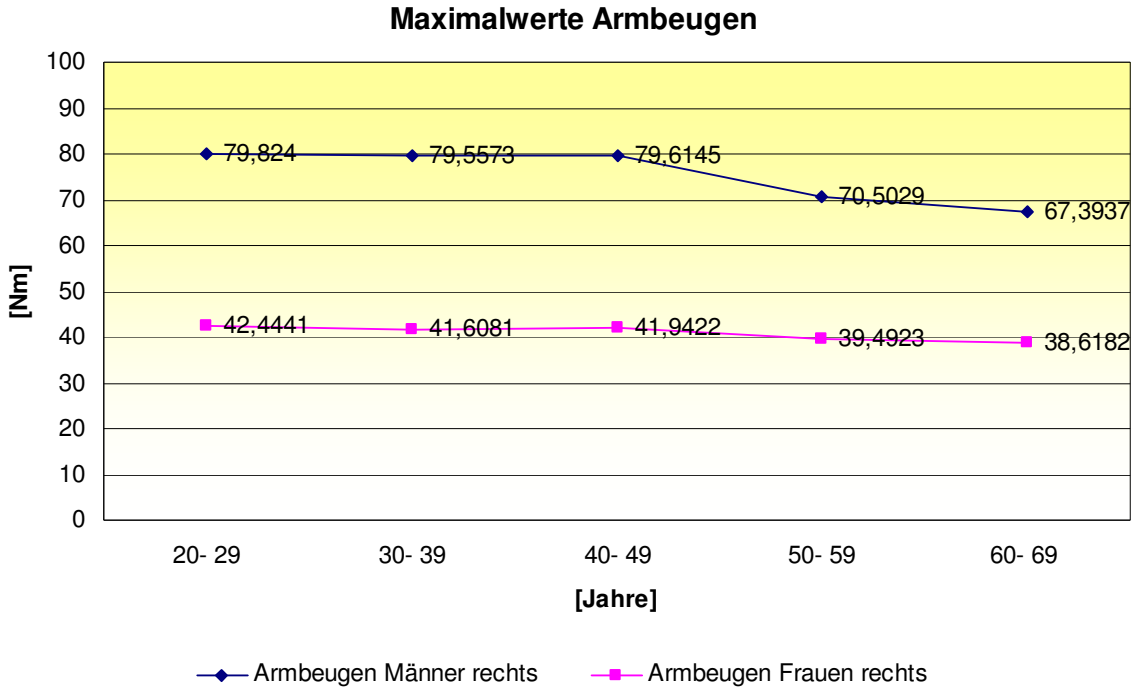
5.2.2.3 Maximalwerte der rechtsseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

Variable	Armbeugen Rmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	79,824	79,553	79,616	70,503	67,393
SD [Nm]	13,017	10,526	16,667	11,575	15,296

Tabelle 14 Armbeugen rechts mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich

Variable	Armbeugen Rmax				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [Nm]	42,444	41,608	41,929	39,492	38,618
SD [Nm]	7,963	7,572	8,442	7,196	7,403

Tabelle 15 Armbeugen rechts mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich



Graphik 8: Maximalwerte der rechtsseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich

5.2.3 Maximalwerte der Handkraft

Die in der Studie erhobenen Werte für die durchschnittliche Handkraft liegen beim rechten Arm bei MW=41,84 (SD=12,28; Min=18,00; Max=76,00) und beim linken Arm bei MW=39,59 (SD=11,91; Min=16,00; Max=72,00).

Die Kraft der rechten Hand lässt signifikant (F=3,90, df=4; p=.00) mit zunehmendem Alter nach.

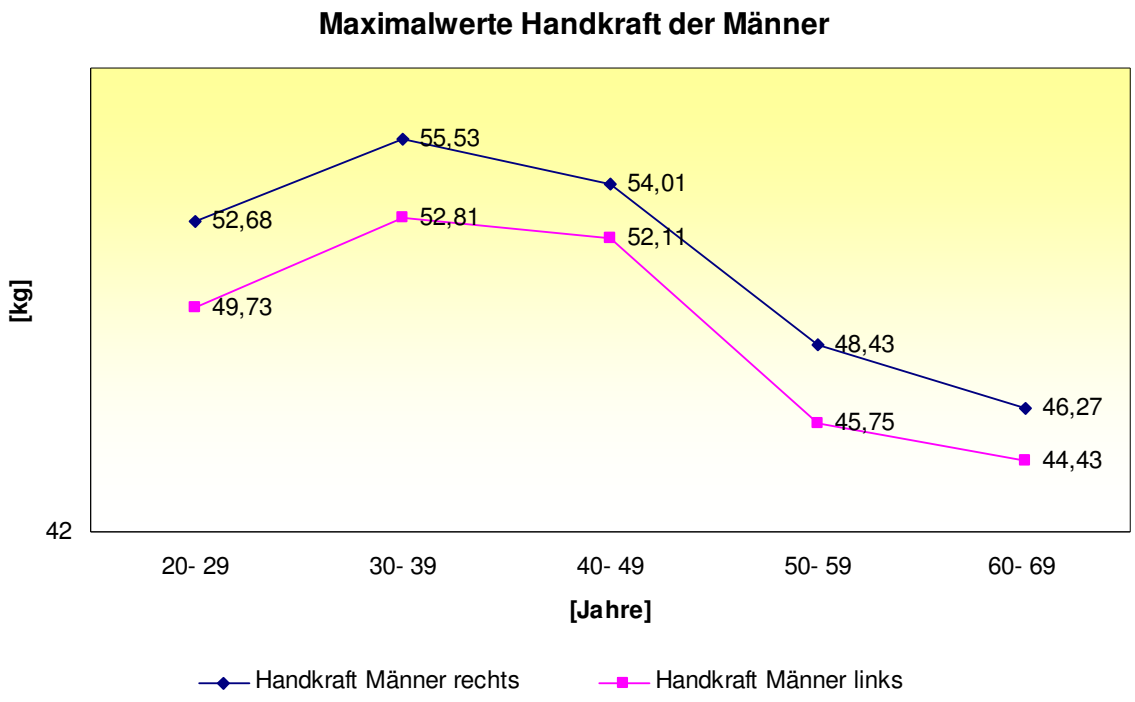
Auch die Kraft der linken Hand wird mit zunehmendem Alter signifikant geringer (F=4,74, df=4; p=.00).

Variable	Handkraft rechts				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [kg]	52,68	55,53	54,01	48,43	46,27
SD [kg]	8,961	9,522	9,622	8,426	7,856

Tabelle 16 Handkraft rechts mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich

Variable	Handkraft links				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [kg]	49,73	52,81	52,11	45,75	44,43
SD [kg]	7,673	7,581	8,6547	7,526	7,375

Tabelle 17 Handkraft links mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich



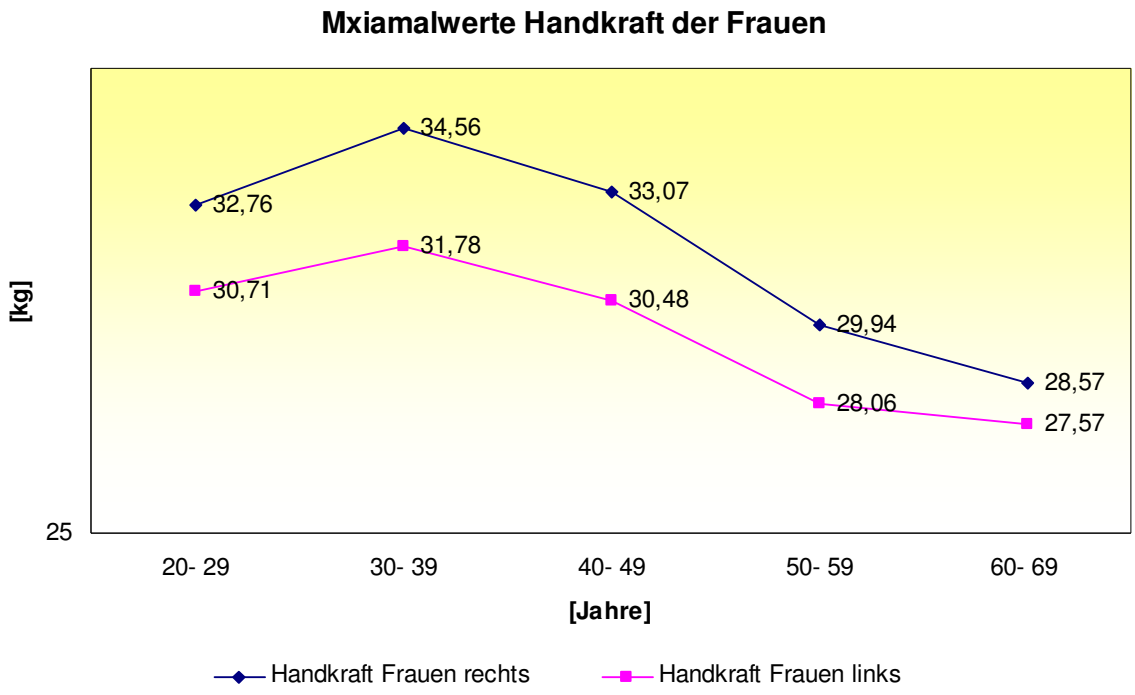
Graphik 9: Maximale Handkraft der Männer im Seitenvergleich

Variable	Handkraft rechts				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [kg]	32,76	34,56	33,07	29,94	28,57
SD [kg]	4,942	4,492	5,463	3,872	4,551

Tabelle 18 Handkraft rechts mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich

Variable	Handkraft links				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW [kg]	30,71	31,78	30,48	28,06	27,57
SD [kg]	6,003	3,956	5,713	4,016	4,447

Tabelle 19 Handkraft links mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich



Graphik 10: Maximale Handkraft der Frauen im Seitenvergleich

5.2.4 Durchschnittliche BMI- Werte im Altersgang bei Mann und Frau

Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen für den BMI ergeben sich zwischen den 20-29-jährigen und den 40-49 (d=-3,14; SF=0,57; p=.00), 50-59 (d=-3,87; SF=0,56; p=.00) sowie den 60-69-jährigen (d=-2,98; SF=0,57; p=.00). Die größte Gewichtszunahme gibt es also zwischen den jüngsten Versuchspersonen und den 50-59 Jährigen.

Für die 30-49 Jährigen gibt es einen signifikanten Unterschied zur Altersgruppe der 50-59-jährigen (d=-2,13; SF=0,59; p=.01). Bei einer negativen mittleren Differenz heißt das, dass der BMI der Älteren signifikant höher ist.

Bei den 40-49 Jährigen liegt nur der oben beschriebene Unterschied zu der jüngsten Altersgruppe unter p=.05. Auch für die 50-59 Jährigen zeigen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede.

Alter	20-29			30-39			40-49			50-59		
Stat.	D	SF	p	d	SF	p	d	SF	p	d	SF	p
30-39							3,14	0,57	0,00	3,87	0,56	0,00
40-49	-3,14	0,57	0,00	-1,40	0,60	0,26	1,40	0,60	0,26	2,13	0,59	0,01
50-59	-3,87	0,56	0,00	-2,13	0,59	0,01						
60-69	-2,98	0,57	0,00									

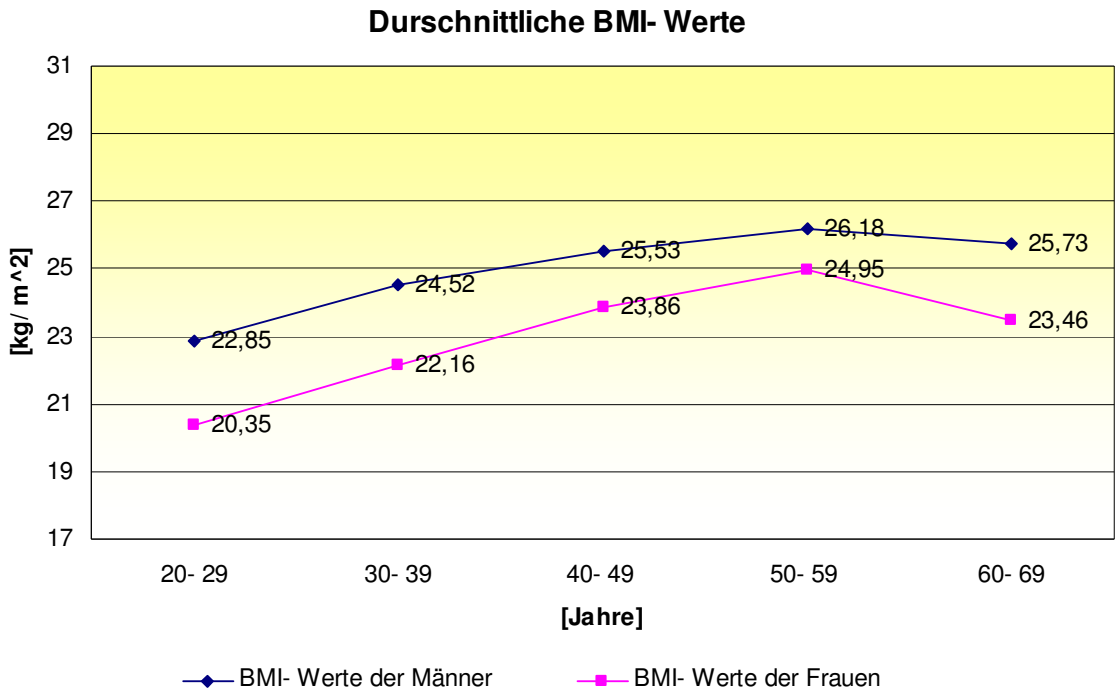
Tabelle 20: Gruppenvergleich zwischen den einzelnen Altersklassen für den BMI

Variable	BMI- Werte Männer				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW	22,85	24,52	25,53	26,18	25,73
SD	2,159	1,954	2,833	2,714	2,248

Tabelle 21 Durchschnittliche BMI- Werte mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich

Variable	BMI- Werte Frauen				
Alter	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
MW	20,35	22,16	23,86	24,95	23,46
SD	2,001	4,338	3,827	4,147	3,567

Tabelle 22 Durchschnittliche BMI- Werte mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich



Graphik 11: Die durchschnittlichen BMI der Männer und Frauen im Altersvergleich

5.3 Korrelationen

In den folgenden Tabellen sind zunächst übersichtlich alle Korrelationen dargestellt. Sie umfasst die Variablen Hebellänge Knie-Extension, Hebellänge Armbeugen, Ringposition, Altersgruppierung, BMI, Knie-Extension Bmax, Knie-Extension Lmax und Rmax, Armbeugen Bmax, Lmax und Rmax sowie rechte und linke Handkraft. Im Anschluss daran erfolgt eine detaillierte Beschreibung der signifikanten (<.05 bzw. <.01) und relevanten Ergebnisse (≥0.23). Die Relevanz bezieht sich dabei auf die Höhe des Zusammenhangs und sollte den Wert 0.23 nicht unterschreiten. Bei einer bivariaten Korrelation beinhaltet dieser Wert eine Varianzaufklärung von mindestens 5%. Ergebnisse mit einem Korrelationswert >.90 werden zudem graphisch dargestellt.

	Hebellänge Knie-Extension [cm]	Hebellänge Arm-beugen [cm]	Ringposition Handdynamometer	Altersgruppierung	Body Mass Index [kg/m²]	Knie-Extension Bmax [Nm]	Knie-Extension Lmax [Nm]	Knie-Extension Rmax [Nm]	Armbeugen Bmax [Nm]	Armbeugen Lmax [Nm]	Armbeugen Rmax [Nm]	Handkraft R [kg]	Handkraft L [kg]
Hebellänge Knie-Extension [cm]	1	0,69 **	-0,11	-0,12 *	0,24 **	0,65 **	0,65 **	0,67 **	0,72 **	0,73 **	0,72 **	0,71 **	0,71 **
Hebellänge Armbeugen [cm]		1	-0,09	-0,1	0,12 *	0,53 **	0,56 **	0,55 **	0,60 **	0,59 **	0,59 **	0,58 **	0,59 **
Ring-position			1	0,05	-0,02	-0,12 *	-0,12 *	-0,13 *	-0,12 *	-0,16 **	-0,13 *	-0,08	-0,11
Alters-gruppierung				1	0,38 **	-0,37 **	-0,36 **	-0,35 **	-0,16 **	-0,16 **	-0,16 **	-0,20 **	-0,17 **
Body Mass Index [kg/m²]					1	0,25 **	0,25 **	0,24 **	0,38 **	0,35 **	0,36 **	0,29 **	0,31 **
Knie-Extension Bmax [Nm]						1	0,95 **	0,95 **	0,85 **	0,83 **	0,82 **	0,82 **	0,80 **
Knie-Extension Lmax [Nm]							1	0,96 **	0,87 **	0,86 **	0,85 **	0,83 **	0,83 **
Knie-Extension Rmax [Nm]								1	0,87 **	0,86 **	0,85 **	0,85 **	0,84 **
Armbeugen Bmax [Nm]									1	0,96 **	0,96 **	0,88 **	0,88 **
Armbeugen Lmax [Nm]										1	0,97 **	0,87 **	0,88 **
Armbeugen Rmax [Nm]											1	0,87 **	0,88 **
Handkraft R [kg]												1	0,94 **
Handkraft L [kg]													1

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 23 Korrelation der anthropometrischen Daten und Kraftwerte

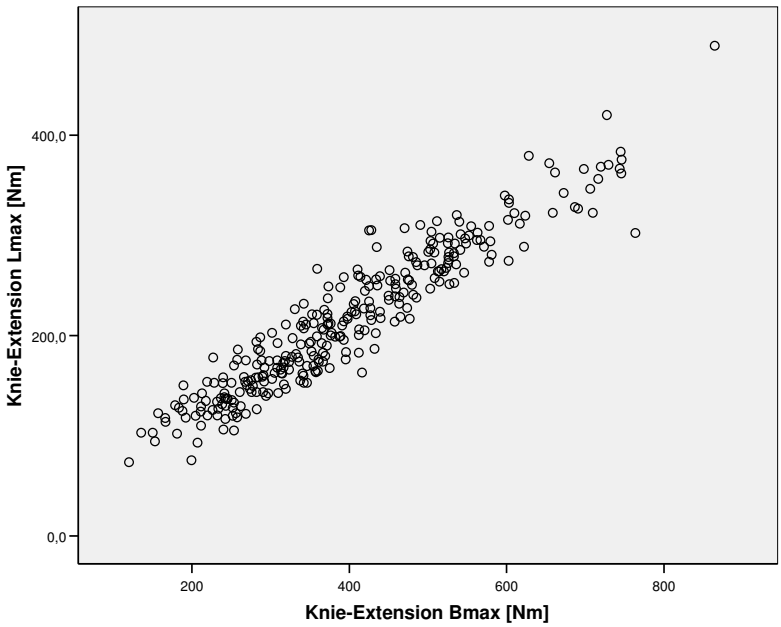
Von N=90 möglichen Korrelationen werden N=83 als signifikant und N=69 als sowohl signifikant als auch relevant eingestuft.

5.3.1 Korrelation mit dem Body-Maß-Index

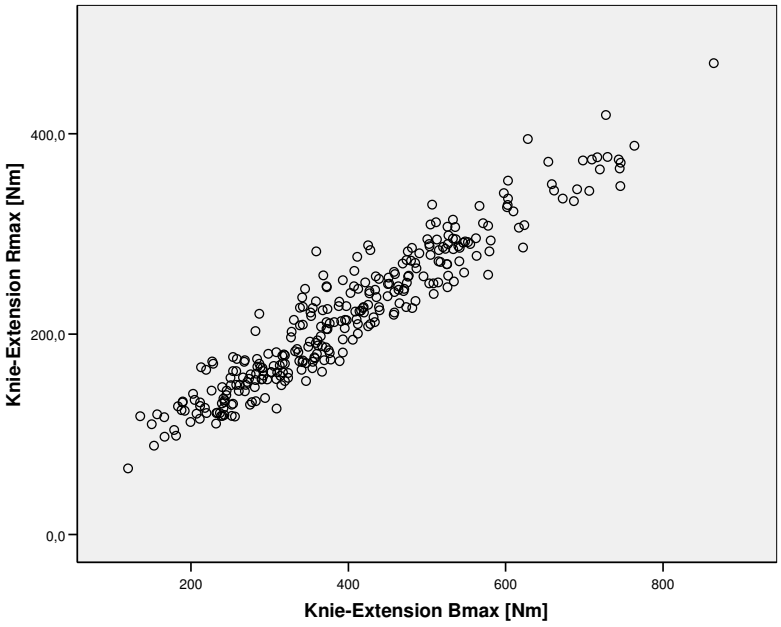
Es besteht zwischen dem BMI und der maximalen beidseitigen Knie-Extension (r=0,25**), der maximalen linken (r=0,25**) und der maximalen rechten Knie-Extension (r=0,24**) geringe positive, signifikante Zusammenhänge. Ein höherer BMI führt also zu höheren Knie-Extensionen- Werten. Hinsichtlich der Werte etwas höher, aber immer noch im unteren Bereich sind die Zusammenhänge zwischen dem BMI und der maximalen beidseitigen Armbeugen (r=0,38**), der maximalen linken (r=0,35**) und der maximalen rechten Armbeuge (r=0,36**). Hier gilt ebenfalls, dass ein höherer BMI mit zunehmender Armbeugekraft einhergeht. Auch die Korrelationen für die linke (r=0,31**) und rechte Handkraft (r=0,29**) zum BMI liegen im signifikanten unteren positiven Bereich. Somit sind schwerere Versuchspersonen stärker in der Handkraft.

5.3.2 Korrelation mit den Maximalkraftwerten der Knie-Extension beidseits

Es sind die Korrelationen zwischen der maximalen beidbeinigen Knie-Extension und jeweils der linken (r=0,95**) und rechten (r=0,95**) Knie-Extension hoch positiv. Steigen die Werte der beidbeinigen Extension an, steigen auch die des linken und rechten Knies



Graphik 12: Korrelation zwischen der Knie-Extension Bmax und Knie-Extension Lmax



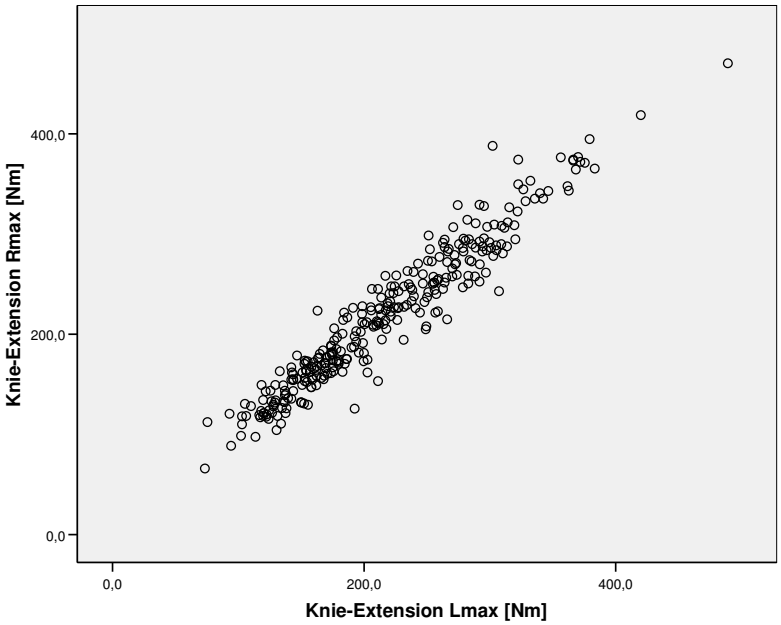
Graphik 13: Korrelation zwischen der Knie-Extension Bmax und Knie-Extension Rmax

Ebenfalls starke Zusammenhänge liegen zwischen der beidbeinigen maximalen Knie-Extension und den maximalen linken (r=0,85**) und rechten Armbeugen (r=0,83**) als auch den maximalen Armbeugen beider Arme (r=0,82**) vor. Auch diese nehmen zu, wenn die Knie-Extension größer wird. Schließlich sind auch die

Korrelationen mit der linken (r=0,80**) und der rechten Handkraft (r=0,82**) stark positiv.

5.3.3 Korrelation mit der Maximalkratfwert der Knie-Extension links

Zwischen der linken und der rechten maximalen Knie-Extension (r=0,96**) besteht ein stark positiver signifikanter Zusammenhang. Je höher der Wert für das linke Bein, desto höher der Wert für das rechte Bein.



Graphik 14: Korrelation zwischen der Knie-Extension Lmax und Knie-Extension Rmax

Hohe Zusammenhänge liegen auch für die Korrelationen zwischen der linken maximalen Knie-Extension und den maximalen Armbeugen beider Arme (r=0,87**), des linken (r=0,86**) und des rechten Arms (r=0,85**) vor. Steigt der Wert der Knie-Extension, steigen auch die Werte der Armbeugen. Gleiches gilt auch für die Handkraft der rechten (r=0,83**) und der linken Hand (r=0,83**).

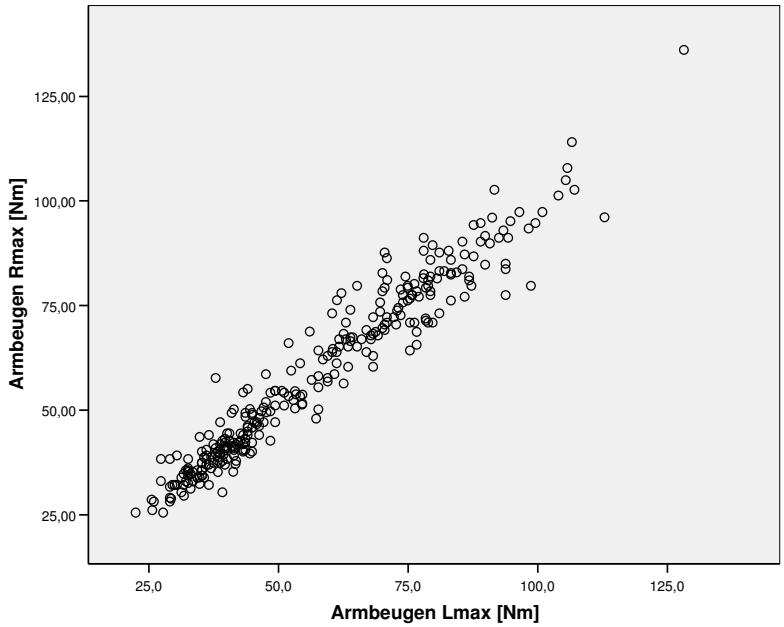
5.3.4 Korrelation mit den Maximalkraftwerten der Armbeugung beidseits

Hoch positiv korrelieren die Werte der Armbeugen beider Arme mit jeweils der Armbeuge des linken (r=0,96**) und des rechten Arms (r=0,96**), d.h. beide Werte steigen an. Auch die Korrelation mit der rechten (r=0,88**) und der linken

Handkraft (r=0,88**) sind stark positiv, auch sie steigen mit den Werten der maximalen Armbeuge beider Arme.

Ebenso korrelieren die unilateralen Maximalwerte der Armbeugen miteinander:

Die maximale linke Armbeuge korreliert nahezu perfekt positiv mit der maximalen rechten Armbeuge (r=0,97**). Sie korreliert des Weiteren hoch signifikant mit der linken (r=0,88**) und der rechten Handkraft (r=0,87**). Nimmt der Wert der linken Armbeuge zu, steigen auch die Werte der rechten Armbeuge und der Handkraft beider Arme.



Graphik 15: Korrelation zwischen der Armbeugung Lmax und Armbeugung Rmax

6 Diskussion

Zielsetzung dieser prospektiven Pilotstudie war es, validierte und reproduzierbare, messwertgestützte Datenerhebungen für eine neue Methode der Muskelkraftmessung über die Erfassung der maximalen isometrischen Drehmomente an einem muskelgesunden, randomisierten Probandenkollektiv durchzuführen. Die im Rahmen der vorliegenden Studie gewonnenen Normwerte ermöglichen nun erstmals eine präzise Abschätzung der Maximalkraftwerte für die Armbeuge- und Kniestreckmuskulatur in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Body- Mass- Index. Die Berücksichtigung solcher Vergleichswerte ermöglichen auch minimale Muskelkraftschwankungen, wie sie im Rahmen pathologischer Vorgänge auftreten können, zu erfassen. Vor dem Hintergrund der deutlichen Zunahme zivilisationsbedingter Erkrankungen sind frühdiagnostische, krankheitsverlaufsorientierte und therapieüberwachende Maßnahmen vor allem dann hoch zu bewerten, wenn sie ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Die in der vorliegenden Studie verwendete Messmethode des isometrischen Drehmoments mit dem m3 Diagnos Multi Muscle Tester erfüllte diese Kriterien. Durch sie war es möglich, die Messwertgenauigkeit störenden Faktoren wie Änderung des Gelenkwinkels, der Muskellänge und Verletzungsanfälligkeit der Probanden zu minimieren.

Die Messwertanalyse der einzelnen Altersgruppen zeigte einen alterstypischen Verlauf von Muskelkraft. Die höchsten Maximalkraftwerte in Bezug auf die untersuchten Muskelgruppen der Probanden lagen geschlechtsunabhängig konstant in der Altersgruppe der 30- 39- jährigen. In der gesichteten Literatur werden im Rahmen eines Maximalkrafttrainings zum Muskelaufbau anfänglich auftretende Kraftzuwächse zunächst einmal auf die verbesserte intermuskuläre Koordination zurückgeführt[67]. Erst die im weiteren Verlauf höheren Kraftwerte sind dann auf die stattfindende Muskelhypertrophie zurückzuführen. Dies legt den Schluss nahe, dass die höheren Kraftwerte der 30-39- jährigen an der verbesserten, neuromuskulären Koordinationsfähigkeit im Vergleich zu der vorausgehenden Dekade liegen[68].

In der vorliegenden Studie konnte in Übereinstimmung mit anderen Arbeitsgruppen ein zunehmender Verlust der Muskelkraft ab der dritten Lebensdekade gefunden werden. (FRONTERA, KALLMAN, LARSSON UND YOUNG (2000), STOLL (2000), LYNCH (1999), LINDLE (1997), FIATARONE (1994), LAFOREST (1989), MURRAY (1985), LARSSON (1979)), Die Resultate der Vergleichsstudien von METTER(1997), LARSSON (1997) und LYNCH (1999) geben einen durchschnittlichen Gesamtverlust pro Dekade von 8- 10 % an.[69] [70] [71] [72]. Bei der nachfolgenden Altersgruppe der 40- 49Jährigen fiel in unserer Studie zumeist ein nur geringer Leistungsabfall auf. Ein deutlicher Rückgang von durchschnittlich 15-17% stellte sich erst ab dem 50. Lebensjahr ein. LINDLE beschreibt in Übereinstimmung damit in einer groß angelegten Studie aus den USA mit 654 Probandinnen und Probanden einen geschlechtsunabhängigen Kraftverlust ab dem 50ten Lebensjahr von 12- 15% pro Dekade, d.h. von 1-2% jährlich.[73] [74]. Eine mögliche Ursache hierfür ist eine physiologische, mit zunehmendem Alter fortschreitende Muskelatrophie (LEXELL, 1995 und JUBRIAS 1997). Diese spielt sich auf verschiedenen Ebenen ab. Im Wesentlichen auf neuromuskulärer, zellulärer, endokrino- metabolischer Ebene, wie nachfolgend dargestellt.

Der Verlust an Muskelmasse geht sowohl mit dem Verlust an kompletten Muskelfasern, als auch mit der Atrophie der verbleibenden Fasern einher.[75] Man spricht dann einerseits von der sog. numerischen Muskelatrophie (Rückgang der Muskelfaseranzahl) und andererseits von der einfachen Muskelatrophie (Verringerung des Muskelfaserquerschnitts).[76] Beides sind degenerative Prozesse, die unabhängig von einander ablaufen. Sie führen zur Abnahme des gesamten Muskelquerschnitts. Als Kompensation wird Fettgewebe und Muskelkollagen eingebaut, wodurch es zur Marmorierung des Muskels kommt. Folge hiervon ist eine Verschiebung der Muskel- Fett- Relation zugunsten des interstitiellen Fettgewebes. VISSER et al. zeigt in seinen Arbeiten eine negative Korrelation zwischen Zunahme der Fettanteile im Muskel und Kraftverlust.[77] Die altersbedingten Veränderungen ziehen jedoch nicht nur einen Kraftverlust nach sich, sondern haben auch Auswirkungen auf den gesamten Energiehaushalt des Organismus. Neben einer verminderten Muskelflexibilität, die eine abnehmende Muskelleistung bedingt, resultiert eine reduzierte Stoffwechsellage. Begründbar ist

dies mit der Tatsache, dass die Skelettmuskulatur ein wichtiges Stoffwechselorgan darstellt, sodass bei Schwund der Muskulatur und unveränderter Kalorienaufnahme dann vermehrt Fettmasse aufgebaut wird.

LEXELL konnte durch Autopsien am Skelettmuskel nachweisen, dass vorrangig die schnellzuckenden Muskelfasern des Typs II zugrunde gehen, bzw. sich reduzieren.[78] Ähnliche Ergebnisse ermittelte HORTOBÁGYI. Er stellte fest, dass zwar prinzipiell alle Muskelfasertypen im zunehmenden Alter abnehmen, jedoch in der Mehrzahl die des schnell-kontrahierenden Typs II- Fasern mit bis zu 55% betroffen sind. Im Gegensatz hierzu atrophieren die Fasern des Typs I lediglich zu 25 %. [79] Folglich gehe eher die Maximalkraft als die Stützmotorik zurück.[80] Das liegt daran, dass die großen α- Motoneurone, die die Typ II- Fasern innervieren durch degenerative Prozesse um ein Vielfaches häufiger geschädigt werden als die kleinen α- Motoneurone.[81] Man vermutet, dass diesem Prozess eine Art „Teufelskreislauf“ zugrunde liegt. So bleiben bei abnehmender Aktivität im Alter wichtige Stimuli für die Typ II Muskelfasern aus, wodurch diese dann eben vermehrt zugrunde gehen. Dieser Sachverhalt lässt sich anhand unserer Ergebnisse nachvollziehen. Ergänzend sollten weitere Studien erfolgen, die einen intraindividuellen Abgleich zwischen dem Verlust an Maximalkraft und dem Rückgang der Muskelausdauer leisten. Auf Basis der gewonnen Erkenntnisse unterstreichen zahlreiche Autoren[82] [83] [84] [85] die Bedeutung eines Maximalkrafttrainings, da hierbei insbesondere der Abbau der Typ II- Fasern verlangsamt wird. Auf die positiven Aspekte des Maximalkrafttrainings wird im Abschluss dieser Diskussion näher eingegangen.

Bei unseren Untersuchungen zeigte sich, dass die Muskelkraft der unteren Extremität im Altersgang bei beiden Geschlechtern übereinstimmend größere Kraftverluste als die der oberen Extremität aufwies. NEWMAN kommt in seinen Studien zu übereinstimmenden Ergebnissen.[86] Erklärbar ist dies damit, dass die untere Extremität beim jugendlichen Menschen mehr Muskelmasse aufweist als die obere Extremität. [87] Damit ist die Skelettmuskulatur der unteren Extremität auch stärker vom Abbau der großen α- Motoneurone betroffen. Teilweise wird dieser Vorgang allerdings kompensiert durch die Transformation der großen in

kleine α- Motoneurone, die schließlich eine Umwandlung der Muskelfasern vom Typ II in den Typ I bewirken.[88]

THORNELL hingegen weist auf die Bedeutung muskelzellulärer Prozesse hin. Er betont in seiner Studie in Hinsicht auf die altersbedingte Muskelatrophie die Bedeutung so genannter „Satellitenzellen“ der Muskelzelle. Satellitenzellen sind reife Muskelstammzellen. Sie liegen hauptsächlich in der inaktiven Form vor und befinden sich zwischen der Muskelzellmembran und der Basalmembran.[89] Sie sind ein wesentlicher Bestandteil des Reparaturmechanismus im Muskel, da sie einerseits die postnatale Muskelneogenese bewirken und sich andererseits bei der Regeneration von Myotraumen beteiligen. Allerdings geht mit zunehmendem Alter die Anzahl der Satellitenzellen zurück, sodass es zu einem zunehmenden Muskelabbau kommt. So weisen nach THORNELL korrespondierende Muskeln junger Menschen 5% und die älterer Menschen 1,4 % Satellitenzellen in der Muskulatur auf.[90]
Weitere auslösende Faktoren für die Atrophie sind die Denaturierungen und Mutationen der DNA der Muskelzellen, wodurch es zu Fehlleistungen bei der Synthese wichtiger Enzyme (z.B. Enzyme der Atmungskette) kommt.[91] [92] Die Forschungsergebnisse von AIKEN weisen darauf hin, dass die Ursache für den Untergang der Fasern in der proteolytischen Signalwirkung bei oxidativem Stress, bzw. bei mitochondrialer Dysfunktion der Muskelzelle liegt.[93]

Im Abschlussintervall der 60- 69jährigen traten keine konstanten sondern eher variable Kurvenverläufe der Messwerte auf. Die Ursachen hierfür sind multifaktorieller Natur. In der hierzu sondierten Literatur werden zumeist die genetischen und biographischen Einflüsse an erster Stelle genannt. Unter den biographischen Faktoren haben vor allem berufliche Faktoren großen Einfluss. Körperlich anstrengende Berufe, wie z.B. Zimmerer, Fliesenleger, Automechaniker wirken sich auf die maximale Muskelkraft durch ein erhöhtes Aktivitätsniveau zunächst einmal eher positiv aus. Allerdings konnten berufsbedingte Minderungen durch Schädigung des muskuloskelettalen Systems nicht beurteilt werden, da sie den Ausschlusskriterien unterlagen. Hingegen sind Berufe mit vorwiegend sitzender Tätigkeit grundsätzlich prädisponiert für einen erhöhten Muskelabbau. Die muskelatrophischen Vorgänge könnten dann allerdings durch eine sinnvolle

bewegungsorientierte Freizeitgestaltung mit einem gemäßigten Krafttraining aufgehalten werden. Des Weiteren spielt auch die Milieufrage eine bedeutsame Rolle: Probanden in einem sozioökonomisch schwächerem Umfeld haben nach Meinung der Autoren CASTILLO[94] und TIPTON[95] geringere finanzielle Möglichkeiten, als auch geringere motivierende Anreize zu einer Prävention der Muskelatrophie. Dabei spielen die Bewegungsarmut als auch die Fehl- und Mangelernährung bei fehlenden finanziellen und zeitlichen Ressourcen eine große Rolle. Bei einer Mangelversorgung an hochwertigen Nahrungsproteinen durch unzureichende Nahrungsaufnahme oder einseitige Ernährung kommt es zu einer deutlichen Verminderung der Zell- und Muskelmasse und einer Schwächung der Muskulatur. (ROUBENOFF (2003), CASTANEDA et al. (1995)). Diese ernährungsbedingten pathologischen Entwicklungen hängen mit einer Dysbalance zwischen anabolen und katabolen Stoffwechselvorgängen zusammen, wobei die Proteolyse der Proteinsynthese überwiegt. [96] Dazu kommen die Gesundheitsrisiken durch langfristigen Konsum von Noxen (Alkohol, Nikotin, Drogen). Im Alter wirken sich auch die Folgen langjähriger chronischer Krankheitsprozesse (arterielle Hypertonie, Fettstoffwechselstörung, Übergewicht, metabolische Veränderungen) fördernd auf die muskelatrophischen Vorgänge aus[97]. Diese konnten sich in der vorliegenden Studie allerdings durch Ausschlusskriterien nur dann auswirken, wenn die Krankheitsprozesse latent waren und sich der Erkennung durch die übliche körperliche Untersuchung vor der Datenerhebung entzogen.

Bei unseren Messungen fielen nicht nur deutlich differenzierbare altersspezifische Veränderungen in den einzelnen Dekaden auf, sondern zusätzlich auch geschlechtsspezifische Unterschiede im Altersgang. Die Maximalkraftmessungen aller untersuchten Muskelgruppen zeigten über die jeweiligen Altersintervalle hinweg konstant höhere Absolutwerte der Männer im Vergleich zu den Frauen. Dieses Ergebnis erklärt sich durch die höheren Muskelmasse der Männer. Der prozentuale Anteil an Muskelgewebe beim Mann liegt mit 40-45% deutlich höher als bei der Frau mit 32- 35%. Der Fettgewebsanteil ist bei der Frau hingegen mit 25% durchschnittlich um 7- 10 % höher als beim Mann. Überdies hat der Mann im Vergleich zur Frau mehr motorische Einheiten pro Muskelfaser.[98] Zudem ist die Anzahl der Muskelfasern als auch die Länge der Muskelfasern[99].beim Mann

höher, letztere sieht MILLER als die wichtigste biologische Determination an. Somit sind in der Muskelfaser eines Mannes mehr Sarkomere in Reihe geschaltet, die dann in der Summe eine höhere und effizientere Muskelleistung ermöglichen.[100] Es resultiert hieraus nach Einschätzung mehrerer Autoren, dass die Maximalkraftwerte bei Männern um 30- 50% höher liegen als bei Frauen.[101] [102] [103]. Andere Studien geben das Leistungsniveau der Frauen hinsichtlich der Maximalkraft mit bis zu 80 % der Leistungskapazität der Männer an[104]

In der vorliegenden Studie erreichten die weiblichen Testpersonen bei der Armbeugemaximalkraft zwischen 49- 53% und der Kniestreckmaximalkraft 58- 66% der Maximalkraft der männlichen Probanden. Die Relativwerte der weiblichen Versuchspersonen sind eher niedrig. Die Diskrepanz zu anderen Studien liegt vermutlich in der Probandenauswahl. Mit dem Ziel eine Normwertstudie durchzuführen, wurden Probanden mit einer erkennbaren pathologischen Muskelschwäche ausgeschlossen. Zudem konnten nur Personen mit niedriger bis moderater sportlicher Aktivität (weniger als 2 Stunden Sport in der Woche) zugelassen werden. Mutmaßlich wird somit der Geschlechtsunterschied deutlicher. Im Umkehrschluss bedeutet es, dass die Frauen durch Muskeltraining in der Relation zu den Männern an Muskelkraft „aufholen“. Diese Tatsache lässt sich bei Betrachtung sportlicher Leistungen im Spitzensport in den vergangenen Jahrzehnten ablesen. Dort gleichen sich die sportlichen Leistungen von Athletinnen zunehmend an die Leistungen der Männer an[105]. Dies bezieht sich sowohl auf die Ausdauersportarten (z.B. Langstreckenläufe/ Marathon), ausgeprägter jedoch auf die Sprint- und Kraftsportarten (100m- Lauf, Kugelstoßen)[106].

In Grundlagenforschungen von KYLE (2001) wurde die fettfreie Muskelmasse beider Geschlechter verglichen. Hier konnte unter der Voraussetzung, dass die Kraftwerte ins Verhältnis zur Muskelquerschnittsfläche (CSA) gesetzt wurden, erstaunlicherweise eine nahezu deckende Muskelkraftkurve beider Geschlechter nachgewiesen werden.[107] Dem Anschein nach können Frauen im zunehmenden Masse benachteiligende physiologische Gegebenheiten durch entsprechendes Training ausgleichen und nahezu gleichwertige Muskelleistungen bringen. Jedoch

dürfen weitere Faktoren, wie die mentale Belastbarkeit und Schmerztoleranz im Geschlechtervergleich nicht außer Acht gelassen werden.

Ein weiterer signifikanter Geschlechtsunterschied wurde bei der Messung der Armbeugung offensichtlich: Verlieren Männer im Altersgang konstant an Kraft, weist der Verlauf bei der Frau einen deutlich moderateren bis fehlenden Rückgang der Muskelkraft mit zunehmendem Alter auf. Allerdings sind die Kraftwerte der jungen Probandinnen mit knapp über 50% der Maximalkraftwerte der männlichen Versuchsteilnehmer erstaunlich gering. Dies stellte LYNCH (1999) ebenso fest. Er untersuchte in seiner Studie die Abhängigkeit der Muskelkraft von Alter und Geschlecht bei 703 Teilnehmern. Lynch stellte insgesamt einen deutlichen Rückgang der Muskelkraft der Beine im Altersgang fest, berichtet jedoch von einem nahezu konstanten Kraftwert der Arme im Altersvergleich bei den Frauen und einen linear sinkenden Kraftwert bei Männern. Er führt dies auf die Tatsache zurück, dass junge männliche Probanden insbesondere in der Armmuskulatur im Vergleich zu jungen weiblichen Probanden erheblich mehr Muskelmasse aufweisen und folglich im Altersgang mehr Muskelmasse zu verlieren haben. Deshalb wiesen die männlichen Probanden dann auch relativ höhere Kraftverluste im Altersgang auf als die Frauen.[108]

Bezüglich des Beginns und des typischen Verlaufes des Kraftverlustes im Alter konnte in unserer Studie eine Abhängigkeit des Geschlechtes ausgemacht werden. Die Männer haben in etwa bis zum 50. Lebensjahr konstant hohe Werte und fallen dann, beide Extremitäten betreffend, rapide ab. Bei den Frauen beginnt der Kraftabbau bereits zwischen dem 40. und 45. Lebensjahr, somit früher jedoch im Verlauf schleichender. Vermutlich hängt der unterschiedliche Kraftabbau zum Teil mit den verschiedenen Hormonhaushalten der Geschlechter im Alter zusammen.

Mit zunehmendem Alter, vor allem ab der 5. Dekade, sinken beim Mann die anabolen Effekte des Testosterons, welches stimulierend auf den Muskelaufbau wirkt. Untersuchungen zeigen eine signifikant negative Korrelation des Alters mit dem aktiven, freien Serumtestosteron.[109] Einige Autoren sprechen von einem Rückgang des freien Serumtestosterons von 1-2% jährlich[110] [111] und von steil

abfallenden Werten ab dem 50. Lebensjahr.[112]. Zudem kommen vermehrt die katabolen Effekte der Interleukine (IL1 und IL6) und des TNFs zur Geltung. Somit führen zwei Prozesse zum direkten Abbau der Muskulatur und anderen Gewebearten[113].

Bei Frauen kommt es mit dem zunehmenden Alter zu einer verminderten Ansprechbarkeit der ovariellen Rezeptoren bezüglich der Sexualhormone[114.]. Diese hormonellen Veränderungen beginnen bereits zwischen dem 40. und 45 Lebensjahr und weisen einen eher linearen Verlauf auf. Die synchronen Rückgänge der Muskelkraft und der Wirkung der Sexualhormone im Altersgang der Frau lassen einen Zusammenhang vermuten. Den postmenopausalen Kraftrückgang bringen PHILLIPS et al. und GREEVES et al. aufgrund der Ergebnisse ihrer Forschungen mit den Sexualhormonen in Verbindung. Hier zeigten sich signifikante Korrelationen der Kraft mit den Reproduktionshormonen[115] [116]. BASSEY und YOUNG sehen kontrovers hierzu keinen Zusammenhang des Kraftverlustes bei den Frauen mit den hormonellen Veränderungen der Menopause[117] [118]. KRISTY fordert Longitudinalstudien bezüglich der Muskelkraft bei Frauen, die eine signifikante Korrelation der Kraft mit den weiblichen Sexualhormonen prä- und postmenopausal bei der gleichen Versuchsperson zeigen. solche Longitudinalstudien bestehen bis jetzt noch nicht.[119]

Der unterschiedliche Verlauf bei dem Rückgang der Muskelkraft bei Mann und Frau kann beim Mann sicherlich teilweise auf die Wirkung des Testosterons zurückgeführt werden. Der Einfluss ovarieller Hormone hingegen bleibt fraglich, sodass der Muskelabbau bei der Frau vermutlich eher durch degenerative Prozesse auf muskelzellulärer und nervaler Ebene bestimmt ist.

Die Studie von MILLER berücksichtigte in der Analyse Charakteristika der Muskelfasern im Geschlechtervergleich. Besondere Beachtung galt der Gegenüberstellung der Kraftmessung der oberen vs. der unteren Extremitäten. Es wurden zur Erfassung der Muskelstruktur Nadelbiopsien zur Analyse der Faserstruktur und computertomographische Darstellungen zur Muskelquerschnittsberechnungen herangezogen. Er stellte fest, dass Frauen in

der oberen Extremität deutlich mehr nicht- kontraktiles Gewebe aufweisen als in der unteren Extremität. Beim Mann hingegen stellt sich das Verhältnis zwischen den Armen und Beinen ausgewogen dar. LANDERS untersuchte in ihrer Studie die Verrichtung alltäglicher Tätigkeiten (Wäschekörbe tragen und das Aufstehen aus einem Sessel) bei Frauen in Abhängigkeit mit dem Alter. Es wurde die reine Muskelmasse (Abzug des nicht-kontraktilen Gewebes mittels der DEXA- Methode) bestimmt und eine elektromyographische Ableitung der betroffenen Muskeln bei den Tests durchgeführt. Die Studie deckte einen deutlich höheren Kraftverlust der unteren Extremität im Altersgang der Frauen auf. Da das Verhältnis der reinen Muskelmasse zwischen der oberen und unteren Extremität keine Änderung im Altersgang aufweist, betont die Autorin eine Abnahme der Muskelleistung insbesondere durch den verstärkten Abbau der Typ II Fasern im Alter und verweist auf entsprechendes Muskeltraining.[120] YOUNG stimmt in seinen durchgeführten Studien mit LANDERS überein. Er konnte eine erhöhte, altersabhängige Schwäche in der unteren Extremität ausmachen und führt dies auf sinkende Mobilität älterer Menschen zurück.[121].

Um den Ernährungszustand eines Menschen zu beschreiben, bietet sich der Body- Mass- Index (BMI) an. Der BMI nimmt bei den Teilnehmern unserer Studie bis zum Abschluss des vorletzten Intervalls, (in der Altersgruppe der 50- 59 jährigen) stetig zu, um im Abschlussintervall schließlich wieder deutlich abzusinken. Die gleichzeitige Abnahme der Muskelkraft im 4. und 5. Lebensjahrzehnt lässt sich auf die strukturelle Änderung der Körperzusammensetzung zurückführen [122]. Dies beruht zum einem auf sich verändernden endokrinometabolischen Umständen[123], als auch auf Veränderung des Lebensstils.[124] Der Energiebedarf eines Menschen geht nach WATERS zwischen der 3. und 7. Dekade um 20% zurück[125], sodass bei Bewegungsarmut die Zunahme und Umverteilung des Körperfetts folgt. HUGHES beschreibt eine Zunahme des interstitiellen und viszeralen Fettgewebes im Alter.[126] SONG beziffert die Zunahme der Fettmasse ab der vierten Lebensdekade um ca. 7-8% pro Jahrzehnt.[127] Durch die im Alter hormoninduzierte Proteolyse und katabolen Prozesse kommt es insbesondere zum Abbau der Muskelmasse, wodurch sich die Tendenz der rückläufigen BMI Werte im Abschlussintervall erklären ließ. [128]

Stellt man den interindividuellen Vergleich in einer Dekade an, zeigt die Analyse eine positive Korrelation zwischen BMI und Muskelkraft. Grundsätzlich gilt: je höher der BMI der Versuchsperson, desto höher die Maximalkraft bezogen auf die jeweilige Altersklasse. Einschränkend gilt der Bezug jedoch nur bei durchschnittlichen BMI Werten. Liegen die Werte über 30 Kg/m² (entspricht dem Begriff der Adipositas) ist nicht sicher von einer positiven Korrelation auszugehen. DURNIN erbrachte den Nachweis, dass bei identischen Body- Mass- Indices erhebliche Unterschiede in der Körperzusammensetzung vorlagen.[129] Nun geht ein erhöhter BMI nicht zwingend mit einer erhöhten Muskelmasse einher, sondern kann auch der Ausdruck einer Adipositas sein. Dies konnten Untersuchungen belegen, die durch so genannte bioelektrische Impedanzmessung den Anteil der Körperfettmasse und der Magermasse an der Gesamtkörpermasse bestimmen können.[130] VANDERVOORT und McCOMAS konnte auf diese Art und Weise eine direkte Abhängigkeit der Muskelkraft von der Muskelmasse nachweisen.[131] Das Probandengut in unserer Studie wies durchschnittliche BMI- Werte auf, sodass in dieser Studie von einem hinreichenden positiven Zusammenhang der Muskelkraft und des BMI- wertes ausgegangen werden kann. Die vorgestellte Studie beschreibt zwar eine grundsätzlich positive Korrelation zwischen moderaten Werten des BMI und der Muskelkraft. Sie leistet jedoch keine detaillierte Differenzierung im Hinblick auf die Verteilung der Körpermasse. Studien, die eine Unterscheidung zwischen Muskelmasse und Körperfettanteile voraussetzen, konnten dagegen eine signifikante altersunabhängige Korrelation zwischen Muskelmasse und Muskelkraft nachweisen. Dennoch erscheinen Ergänzungen der Referenzdatei um die Einflussgrößen überdurchschnittlicher Körperlänge und Körpergewicht unter Berücksichtigung der Verteilung der Körpermuskelmasse im Rahmen weiterer Studien unabdingbar.

Die vorliegende Studie hat die Installation eines allgemein zugänglichen Muskelkraftanalysegerätes zur objektiven Beurteilung der Muskelkraft zum Ziel. Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem altersbedingten Kraftverlust brachte die Erkenntnis, dass zunehmende Inaktivität im Alter zu einer Beschleunigung der Muskelatrophie führt.[132] Die Folge hiervon ist eine herabgesetzte Lebensqualität bei eingeschränkten physischen und funktionellen Möglichkeiten. Die Konsequenz aus den gewonnenen Erkenntnissen ist die

Vermeidung des Muskelabbaus durch gezieltes körperliches Training. Unter Berücksichtigung der demographischen Entwicklung ist somit der verstärkte Einsatz des m3 Diagnos Multi Muscle Tester in der Präventivmedizin von großer Bedeutung. MACALUSO und DE VITO[133] sowie YARASHESKI[134] zeigen auf, dass insbesondere ein angepasstes Krafttraining selbst im Alter über 65 Jahren zur Steigerung der Muskelkraft wichtig ist. Die Stimulationseffekte des Krafttrainings auf die Muskulatur drängen katabole Prozesse des muskulären Systems und des Gesamtorganismus in den Hintergrund. Die Kräftigung der Muskulatur führt zu einem sichereren Gangbild. Durch die erhöhte Körperstabilität wird somit einem vermehrten Sturzrisiko im Alter vorgebeugt.[135] In der Literatur werden weitere positive Effekte des Krafttrainings im Alter auf die Osteoporose, Herz- Kreislauf-System, endokrine System und des Stoffwechsels beschrieben.[136] Zu den diagnostischen Möglichkeiten lässt sich der m3 Diagnos Multi Muscle Tester auch als Trainingsgerät einsetzten. Diesbezüglich weist dieses Trainingsgerät seine Stärken auf. Es ermöglicht selbst im hohen Alter, aufgrund leicht durchführbarer Übungen, ein gezieltes, messwertgesteuertes Muskeltraining. Daher ist der verstärkte Einsatz des m3 Diagnos Multi Muscle Tester im Präventivbereich sinnvoll. Die positiven Effekte des Muskeltrainings kann für den Einzelnen eine langwährende Mobilität und Unabhängigkeit bedeuten. Global gesehen könnten dadurch im Gesundheitssystem hohe Kosten eingespart werden. Folgestudien zur Einsetzbarkeit im Krafttraining des m3 Diagnos Multi Muscle Tester und der Erstellung detaillierter Trainingsempfehlungen, als auch Langzeituntersuchungen zur Exploration von Umwelteinflüssen auf die Maximalkraft sind wünschenswert

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass mit dem M3 Diagnos Multi Muscle Tester eine relativ unkomplizierte und nahezu kostenneutrale Messmethode zur Verfügung steht, die eine zielführende EDV-gestützte, quantitative Diagnostik bei Muskelschwäche erlaubt. Erstmals wurde für dieses System eine Referenzdatei eines Normalkollektivs erstellt, die es nun ermöglicht, auch minimale Änderungen der Muskelkraft zu erfassen. Damit eignet sich das vorgestellte Analysegerät zum flächendeckenden Einsatz. Minimale Kraftverluste können Ausdruck einer ganzen Reihe unterschiedlicher Erkrankungen sein, wie z.B. neuromuskuläre Erkrankungen, Stoffwechselerkrankungen, Erkrankungen durch Fehlernährung und Bewegungsarmut, toxische Einflüsse und konsumierende Erkrankungen. Latente Krankheitszustände lassen sich bereits frühdiagnostisch erkennen.

Es wurde hierzu bei 301 gesunden Probandinnen und Probanden im Alter zwischen 20 und 70 Jahren das maximale isometrische Drehmoment der Armbeuge- und Kniestreckmuskulatur bestimmt. Um den Abgleich mit einer etablierten Muskelkraftmessung durchführen zu können, wurde zusätzlich die Maximalkraft der Unterarmmuskulatur durch Messung mit einem Handdynamometer ermittelt. Durch die separate Bestimmung der Altersklassen ließ sich ein deutlicher Kraftabfall etwa ab dem 50. Lebensjahr ermitteln. Dieser Rückgang um ungefähr ein Fünftel der Muskelkraft wird auch in zahlreichen Vergleichsstudien bestätigt. Das Maximum der Muskelkraft lag konstant in der zweiten Dekade im Alter von 30-39 Jahren. Erwähnenswert erscheint die Heterogenität im Abschlussintervall (60- 69). Hier fallen teilweise deutlich fortgesetzte Kraftminderungen im Bereich der unteren Extremität auf, wohingegen die gesamten obere Extremität nahezu ohne Kraftverlust zum Vorgängerintervall blieb.

Im Vergleich zwischen Mann und Frau wurden durchweg kleinere Kraftwerte für die Frauen ermittelt. Allerdings fiel bei den Frauen ein zwar frühzeitig einsetzender Kraftabfall auf (bereits ab dem 40. Lebensjahr), der sich im weiteren Altersgang moderater gestaltetet als bei den Männern. Unter anderem wird der unterschiedliche hormonelle Einfluss als Begründung angesehen. Zudem zeigte die durchgeführte Studie in Übereinstimmung mit der Literatur einen deutlich

höheren Kraftverlust der unteren Extremität bei beiden Geschlechtern, jedoch mit stärkerer Ausprägung bei den Männern.

Die vorgestellte Studie beschreibt zwar eine grundsätzlich positive Korrelation zwischen moderaten Werten des BMI und der Muskelkraft. Sie leistet jedoch keine detaillierte Differenzierung im Hinblick auf die Verteilung der Körpermasse. Studien, die eine Unterscheidung zwischen Muskelmasse und Körperfettanteile voraussetzten, konnten dagegen eine signifikante altersunabhängige Korrelation zwischen Muskelmasse und Muskelkraft nachweisen.

Zu den diagnostischen Möglichkeiten lässt sich der m3 Diagnos Multi Muscle Tester auch als Trainingsgerät einsetzten. Diesbezüglich weist dieses Trainingsgerät seine Stärken auf. Es ermöglicht selbst im hohen Alter, aufgrund leicht durchführbarer Übungen, ein gezieltes, messwertgesteuertes Muskeltraining. Dadurch können altersbedingte Prozesse, wie die Muskelatrophie, als auch die Osteoporose aufgehalten bzw. verlangsamt werden. Daher ist der verstärkte Einsatz des m3 Diagnos Multi Muscle Tester im Präventivbereich sinnvoll. Die positiven Effekte des Muskeltrainings kann für den Einzelnen eine langwährende Mobilität und Unabhängigkeit bedeuten. Global gesehen könnten dadurch im Gesundheitssystem hohe Kosten eingespart werden. Folgestudien zur Einsetzbarkeit im Krafttraining des M3 Diagnos Muscle Tester und der Erstellung detaillierter Trainingsempfehlungen, als auch Langzeituntersuchungen zur Exploration von Umwelteinflüssen auf die Maximalkraft sind wünschenswert.

8 Verzeichnisse

8.1 Abkürzungsverzeichnis

A/D	Analog/ Digital
Bmax	Beidseits maximal
BMI	englisch: Body- Mass- Index
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter [Internationale Einheit]
d.h.	das heißt
DNA	englisch: Desoxyribonukleinsäure
EDV	elektronische Datenverarbeitung
engl.	englisch
kg	Kilogramm [Internationale Einheit]
Lmax	Links maximal
Maximal	maximal
Minimal	minimal
MW	Mittelwert
Nm	Newtonmeter [Internationale Einheit]
Rmax	Rechts maximal
SD	Standardabweichung
sog.	so genannt
TNF	Tumor- Nekrose- Faktor
vgl.	vergleiche
WHO	englisch: World Health Organisation
z.B.	zum Beispiel

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Gegenüberstellung isometrischer und isokinetischer Messverfahren ... 13
Tabelle 2: Haupteinflussfaktoren auf die Maximalkraft 14
Tabelle 3: Einteilung der Fasertypen 15
Tabelle 4 Gesamtübersicht der anthropometrischen Daten und Kraftwerte der Teilnehmer 28
Tabelle 5 Knie-Extension Bmax mit Standardabweichung Männer im Alters-Vergleich 31
Tabelle 6 Knie-Extension Bmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich 31
Tabelle 7 Knie-Extension Lmax mit Standardabweichung Männer im Alters-Vergleich 32
Tabelle 8 Knie-Extension Lmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich 32
Tabelle 9 Knie-Extension Rmax mit Standardabweichung Frauen im Alters-Vergleich 33
Tabelle 10 Armbeugen Bmax mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich 35
Tabelle 11 Armbeugen Bmax mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich 35
Tabelle 12 Armbeugen links mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich 36
Tabelle 13 Armbeugen links mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich 36
Tabelle 14 Armbeugen rechts mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich 37
Tabelle 15 Armbeugen rechts mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich 37
Tabelle 16 Handkraft rechts mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich 39
Tabelle 17 Handkraft links mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich . 39
Tabelle 18 Handkraft rechts mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich 40
Tabelle 19 Handkraft links mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich .. 40
Tabelle 22: Gruppenvergleich zwischen den einzelnen Altersklassen für den BMI 41
Tabelle 20 Durchschnittliche BMI- Werte mit Standardabweichung Männer im Altersvergleich 42
Tabelle 21 Durchschnittliche BMI- Werte mit Standardabweichung Frauen im Altersvergleich 42
Tabelle 23 Korrelation der anthropometrischen Daten und Kraftwerte 44

8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Jamar Handdynamometer von vorne und seitlich..... 22
Abbildung 2 m3 Diagnos Multi Muscle Tester 23
Abbildung 3 Halteposition bei der Messung der Handkraft von vorne und seitlich 25
Abbildung 4 Sitzposition bei der Messung der Armbeugen von vorne und seitlich26
Abbildung 5 Sitzposition Messung der Knieextension von vorn und seitlich 27

8.4 Graphikverzeichnis

Graphik 1: Mittelwerte des Alters und der Körpermaße der Frauen 29
Graphik 2: Mittelwerte des Alters und der Körpermaße der Männer 30
Graphik 3: Maximalwerte der Knieextension beidseits Männer und Frauen..... 31
Graphik 4: Maximalwerte der linksseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich 32
Graphik 5: Maximalwerte der rechtsseitigen Knieextension im Geschlechtervergleich 33
Graphik 6: Maximalwerte der beidseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich 35
Graphik 7: Maximalwerte der linksseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich36
Graphik 8: Maximalwerte der rechtsseitigen Armbeugen im Geschlechtervergleich 37
Graphik 9: Maximale Handkraft der Männer im Seitenvergleich..... 39
Graphik 10: Maximale Handkraft der Frauen im Seitenvergleich 40
Graphik 11: Die durchschnittlichen BMI der Männer und Frauen im Altersvergleich 42
Graphik 12: Korrelation zwischen der Knie-Extension Bmax und Knie-Extension Lmax 46
Graphik 13: Korrelation zwischen der Knie-Extension Bmax und Knie-Extension Rmax..... 46
Graphik 14: Korrelation zwischen der Knie-Extension Lmax und Knie-Extension Rmax..... 47
Graphik 15: Korrelation zwischen der Armbeugung Lmax und Armbeugung Rmax 48

8.5 Quellenverzeichnis

1 Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit R: Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 57 (2002) B359-365

2 Doherty TJ: Physiology of Aging; Invited Review: Aging and sarcopenia. J. Appl. Physiol. 95; 1717- 1727; (2003)

3 Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, White L: Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. Jama 281 (1999) 558-560.

4 Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. J Am Geriatr Soc 2004; 52:80-85.

5 Riggs BL, Melton LJ 3rd (1995) The worldwide problem of osteoporosis: insights afford by epidemiology. Bone 17 [Suppl 5]: 505-11

6 Ferretti, J.L. Gender-related differences in the relationship between densiometric values of whole-body mineral content and lean body mass in humans between 2 and 87 years. Bone 22 (1998) 683-690

7 Heinonen, A., Kannus, P., Sievänen, H., Pasanen, M., Oja, P., Vuori, I. Good maintenance of high-impact activity-induces bone gain by voluntary, unsupervised exercise: an 8-month follow up of a randomized controlled trail. J. Bone Miner. Res. 14 (1999) 125 –128

8 Stoll T, Bruhlmann P, Stucki G, Seifert B, Michel BA. Muscle strength assessment in polymyositis and dermatomyositis evaluatin and reliability and clinical use of a new, quantitative, sassily applicable method. J. Rheumatol. 3: 473- 477 1995)

9 Farina D, Merletti R, Rainoldi A, Buonocore M, Casale R. Two methods for the for the measurement of voluntary contraction torque in the biceps brachii muscle. Med Eng Phys 8: 533- 540 (1999)

10 Molnar GE, Alexander J, Gutfeld N. Reliability of quantitative strength measurements in children. Arch. Phys. Med. Rehabil 60: 218- 221.(1979)

11 National Isometric Muscle Strength Consortium: Muscular weakness assessment: Use of normal isometric strength data. Arch Phys Med Rehabil, 77:1251-1255; (1996)

12 Brockhaus (Hrsg.): Naturwissenschaften und Technik; Sonderausgabe (1989),S.107

13 Israel, S.: Das Erwärmen als Startvorbereitung. In: Medizin und Sport 17 (1977) 12, 386-391.

14 Grosser,M.; Hermann, H.; Tusker, F.; Zintl, F.: Die sportliche Bewegung. München 1987.

15 Wirhed, R.: Sportanatomie und Bewegungslehre. Stuttgart, New York 1984.

16 Kent (Hrsg.): Wörterbuch Sportwissenschaft und Sportmedizin (1998): S.263

17 De Marées: Sportphysiologie, 9.vollst. überarb. und erweit. Auflage; (2003);S.190

18 Schmidtbleichler, D.: Diagnose des Maximal- und Schnellkraftverhaltens. In: Bührle, M. (Hrsg.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf 1985, 112-135.

19 Ehlenz, H.; Grosser, M.; Zimmermann, E.: Krafttraining. München, Wien, Zürich 1998.

20 Hollmann, W., Hettinger Th., „Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin“ Schattauer Verlag, Stuttgart, 4. Auflage, (2000), 158-168, 494

21 Roth, K. (1983). Sportmotorische Tests. In: K. Willimczik (Hrsg.), Grundkurs Datenerhebung 1. S. 89 - 133. Ahrensburg: Czwalina.

22 Wang, Q.. Methodologische Probleme bei der diagnostischen Erfassung der Maximal- und Schnellkraftfähigkeit. Köln: Sport und Buch Strauß. (1999)

23 Roth, SM; Martel, GF; Ivey, FM; Lemmer, JT; Metter, EJ; Hurley, BF. & Rogers, MA. (2000). High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. Journal of Applied Physiology, 88, 3. P. 1112 - 1118.

24 Murray, M., Gardner, C., Mollinger, L., Sepic, S. Strength of isometric and isokinetics contractions. Phys, Ther. 4: 229- 235, 1983

25 Osterning LR: Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation.
Exerci Sport Sci. Rev.;14:45-80. 1986

26 Adams GM
Exercise physiol: Laboratoy manual. 1998

27 Kannus P. :
Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation.
Intern. J Sports Med. 1994 Jan;15 Suppl 1:S11-8

28 Kramer JF,Vaz MD, Hakansson D. Effect of activation force on knee extensor torques. Med Sci Sports Exerc 23: 231-237, 1991

29 De Marées: Sportphysiologie, 9.vollst. überarb. und erweit. Auflage; (2003); S.725f

30 De Marées: Sportphysiologie, 9.vollst. überarb. und erweit. Auflage; (2003); S.725f

31 Hakkinen, K., Kraemer , W.J., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U-M., Newton, R.U. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle- aged and elderly men and women. Journal of Gerontology: Biological Sciences 51A, B21- B29, 1996

32 Otis, J.C., Godbold, J.H. Relationship of isokinetic torque to isometric torque, J Orthop Res. :1, 165- 171, 1983

33 Saltin,B.,Hemodynamic adaptations to exercise. Am. J.Cardiol., 55: 42D-47D,1985

34 Rothstein, J.M., Lamb, R.L., Mayhew, T.P. Clinical uses of isokinetic measurements: critical issue. Phys. Ther., 67:1840- 1844, 1987

35 Lippert, Lehrbuch der Anatomie,4.Auflage,(1996): S.25

36 Huijing, P.: Mechanische Muskelmodelle. In: Komi, P. V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln, 135-154.(1994)

37 Weineck, J.: Sportanatomie. Erlangen 1988.

38 Edgerton VR, Zhou M-Y, Ohira Y, Klitgaard H, Jiang B, Bell G, Harris B, Saltin B, Gollnick PD, Roy RR, Day MK, Greenisen M:Human fiber size and enzymatic properties after 5 and 11 days of spaceflight. J Appl Physiol 1995; 78:1733-1739)

39 Platzer, W.: Bewegungsapparat. Taschenatlas der Anatomie: für Studium und Praxis. Bd. 1. Stuttgart
1986.

40 Koolman, Böhm: Taschenatlas der Biochemie; Georg Thieme- Verlag Stuttgart(1998): S. 317f

41 Wiemann, K.: Die Muskelaktivität beim Laufen. In: Leistungssport 16 (1986) 4, 27-31.

42 Kent, M. (Hrsg.): Wörterbuch Sport und Sportmedizin. Deutsche Übersetzung und Bearbeitung Rost, K., Rost, R. Wiesbaden 1996.

43 Schmidt/ Lang/ Thews: Physiologie des Menschen 29. Auflage; (2005); (S.134).

44 Larsson L, Sjödin B, Karlsson J. Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22-65years. Acta Physiol Scand; 103:31-39. (1978)

45 Andersen J.L. Muscle fiber type adaption in the elderly human muscle. Scand. J. Sci. Sports 13: 40- 47, 2003

46 Oertel, G. Morphometric analysis of normal skeletal muscle in infancy, childhood and adolescence: an autopsy study. J. Neurol. Sci.88:303- 313, (1988)

47 Elder G.C., Kakulas B.A. Histochemical and contractile property changes during human muscle development. Muscle Nerve 16:1246- 1253, 1993

48 Lexell J, Taylor C, Sjöström M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. J Neurol Sci 84:275-294. (1988)

49 Hollmann, Hettinger: Sportmedizin Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin 4. Auflage (2000); S. 162

50 Ikai, M. & Fukunaga, T. (1968). Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. Internationale Zeitsch

51 Kubo K, Kanehisa H, Azuma K, et al. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. Int J Sports Med 2003; 24:125-130.

52 Behm D.G. and Sale D.G.: Voluntary and evoked muscle contractile characteristics in active men and women. Can. J.Appl. Physiol. 19: 253- 265, 1994

53 Asmussen, E. and K. Hebøll- Nielsen. Isometric muscle strength in relation to age in men and women. Ergonomics 5: 167- 169 , 1962

54 Miller, A.E.J., J.D. Mac Dougall, M.A. Tarnopolsky, and D.G. Sale: Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. Eur. J. Appl. Physiol. 66: 245- 262, 1993

55 Reed, R.L., L Pearlmutter , K. Yochum, K.E. Meredith, and A.D. Mooradian: The relationship between muscle mass and muscle strength in the elderly. J. Am. Geriatr. Soc. 39: 555- 561, 1991

56 Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. Eur J Appl Physiol; 91:450-472, (2004)

57 Grosser, M.; Starischka, S.: Das neue Konditionstraining. Wien, München, Zürich 1998.

58 Hollmann, W.; Hettinger, T.: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart, New York 2000

59 Marées: Sportphysiologie, 9.vollst. überarb. und erweit. Auflage; (2003); S 193

60 Grosser, M.; Starischka, S.: Das neue Konditionstraining. Wien, München, Zürich 1998

61 Bührle, M.; Schmidtbleicher, D.; Ressel, H.: Die spezielle Diagnose der einzelnen Kraftkomponenten im Hochleistungssport. In: Leistungssport 13 (1983) 3, 11-16.

62 W. Hasselbach, K. Kramer (1971) „Physiologie des Menschen Teil 4: Muskel“

63 Platzer, W.: Bewegungsapparat. Taschenatlas der Anatomie: für Studium und Praxis. Bd. 1. Stuttgart
1986.

64 Grosser, M.; Hermann, H.; Tusker, F.; Zintl, F.: Die sportliche Bewegung. München 1987.

65 Grosser, M.; Hermann, H.; Tusker, F.; Zintl, F.: Die sportliche Bewegung. München 1987.

66 Hebebrand J, Heseker H, Himmelmann W, Schäfer H, Remschmidt H:
Altersperzentilen für den Body-Mass-Index aus den Daten der Nationalen Verzehrstudie einschließlich einer Übersicht zu relevanten Einflussfaktoren. Akt. Ernähr.-Med. (1994) 19:259-
265

67 Candow, D.G. Effect of creatine and protein supplementation combined with resistance training on muscle mass and strength in older men. Can. J. Appl. Physiol. 30, (2005)
68 Hollmann, W., Hettinger Th. „Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin“ Schattauer Verlag, Stuttgart, 4. Auflage, (2000), 158-168, 494

69 Frontera, W.R. , V.A. Hughes, K.J. Lutz, and W.J. Evans. A cross- sectional study of muscle strength and mass in the 45 to 78- year- old men and women. J. Appl. Physiol. 71: 644- 650,1991

70 Kallmann, D. A., C. C. Plato, and J.D. Tobin. The role of muscle loss in the age- related decline of grip strength: cross- sectional and longitudinal perspectives. J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. 45: M82- M88, 1990

71 Larrson , L., G. Grimbly, and J. Karlsson. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. J Appl. Physiol. 46: 451-456, 1979.

72 Young, A., M. Stokes, and M. Crowe. The size and strength of the quadrizeps muscles of old and young men. Clin. Physiol. 5: 145- 154, 1985

73 Marcel TJ: Sarponia: causes,consequences and preventions. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 58 (2003), M911-916

74 Roubenoff R: Sarcopenia and its implications for the elderly. Eur J Clin Nutr. 54 S40-47, (2000)

75 Lexell J: Human aging, muscle mass, and fibre type composition, J Gerontol A Biol Sci Med Sci 50 Spec 1995 B11- 16

76 Candow, D.G. Effect of creatine and protein supplementation combined with resistance training on muscle mass and strength in older men. Can. J. Appl. Physiol. 30, (2005)

77 Visser M, Kritchevsky SB, Goodpaster BH, et al. Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. J Am Geriatr Soc 2002; 50:897-904

78 Lexell J, Sjöström M, Nordlund AS, Taylor CC. Growth and development of human muscle: a quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age. Muscle Nerve 1992; 15:404-409.

79 Andersen J.L. Muscle fiber type adaption in the elderly human muscle. Scand. J. Sci. Sports 13: 40- 47, 2003

80 Hortobagyi, T., D. Zheng, M. Weidner, N.J. Lampert, S. Westbrook. The influence of aging on muscle strength and muscle fibre characteristic. J Gerontol. A Biol. Sci Med. Sci 50: (1995) B399- B406

81 Doherty TJ., Vandervoort AA, Taylor AW, Brown WF. Effects of ageing on the motor unit: a brief review. Can J Appl Physiol 18:331-358. (1992)

82 Welle S. Cellular and molecular basis of age-related sarcopenia. Can J Appl Physiol 27:19-41. (2002)

83 Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 57:772-777.(2002)

84 Fung, Y. C.: Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissue. New York 1981.

85 Doherty TJ., Vandervoort AA, Taylor AW, Brown WF. Effects of ageing on the motor unit: a brief review. Can J Appl Physiol 18:331-358. (1992)

86 Newman AB, Kupelian V, Visser M, et al. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. J Am Geriatr Soc 2003; 51:1602-1609.

87 Overend TJ, Cunningham DA, Paterson, DH, Lefcoe, MS Thigh composition in young und elderly men determined by computed tomography. Clin. Physiol. 12; 629- 640, 1992

88 Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. Eur J Appl Physiol; 91:450-472, (2004)

89 Charge S.B., Rudnicki M.A. (2004): Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. Physiol Rev 84: 209–238.

90 Thornell,L.E., M. Lindström, V. Renault: Satellite cells and training in the elderly. Scand J Med Sci Sports (2003) 13: S. 18- 55

91 Always SE, Degen H, Krishnamurthy G: Increased myogenic repressor Id mRNA protein levels in hind limp muscles of aged rats Am J Physol 282 (2002) R 411- 422

92 Wallace DC: Mitochondrial DNA in aging and disease Sci. Am 277 (1997) 40-47

93 Aiken J, Bua E, Cao Z, et al. Mitochondrial DNA deletion mutations and sarcopenia. Ann N Y Acad Sci 2002; 959:412-423

94 Castillo EM, Goodman-Gruen D, Kritz-Silverstein D, Morton DJ, Wingard DL, Barrett-Connor E. Sarcopenia in elderly men and women: the Rancho Bernardo study. Am J Prev Med 2003; 25:226-231.

95 Tipton KD. Muscle protein metabolism in the elderly: influence of exercise and nutrition. Can J Appl Physiol 2001; 26:588-606.

96Evans WJ. Protein nutrition, exercise and aging. J Am Coll Nutr.;23(6 Suppl):601S- 609S (2004)

97 Roubenoff R. Sarcopenia: effects on body composition and function. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2003; 58:1012-1027.

98 Behm D.G. and Sale D.G.: Voluntary and evoked muscle contractile characteristics in active men and women. Can. J.Appl. Physiol. 19: 253- 265, 1994

99 Kubo K, Kanehisa H, Azuma K, et al. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. Int J Sports Med 2003; 24:125-130.

100 A. E. J. Miller, J. D. MacDougall, M. A. Tarnopolsky, and D. G. Sale: Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. Eur J Appl Physiol (1993) 66:254-262

101 Asmussen, E. and K. Hebøll- Nielsen. Isometric muscle strength in relation to age in men and women. Ergonomics 5: 167- 169 , 1962

102 Miller, A.E.J., J.D. Mac Dougall, M.A. Tarnopolsky, and D.G. Sale: Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. Eur. J. Appl. Physiol. 66: 245- 262, 1993

103 Reed, R.L., L Pearlmutter , K. Yochum, K.E. Meredith, and A.D. Mooradian: The relationship between muscle mass and muscle strength in the elderly. J. Am. Geriatr. Soc. 39: 555- 561, 1991

104 Castaneda C, Charnley JM, Evans WJ, Crim MC. Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. Am J Clin Nutr; 62:30-39 (1995)

105 Bußmann, G. (1998). Statement. In G. Anders & E. Braun-Laufer (Red.), Karrieren von Mädchen und Frauen im Leistungssport. Rahmenbedingungen und Konsequenzen (S. 85-89). Köln: Sport und Buch Strauß.

106 Horrigan, Ch. (1998). Commercial Opportunities and Marketing Strategies for Women`s Athletics. In N. Davies (Ed.), From a Great Past to an Even Brighter Future. Women`s Athletics on the Eve of the New Millennium (S. 63-70). Monaco: Multiprint.

107 Kyle UG, Genton L, Hans D, et al. Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. J Am Geriatr Soc 2001; 49:1633-1640

108 Lynch N.A., Metter, E.J., Lindle R.S., Fozard, J.D.: Muscle quality. Age-associated differences between arm and leg muscle group. J. Appl. Physiol. 86: 188-194, 1999

109 Gray A, Berlin JA, McKinlay JB, Longcope C. An examination of research design effects on the association of testosterone and male aging: results of a meta-analysis. J Clin Epidemiol 1991; 44: 671–84.

110 Feldman HA. Age trends in the levels of serum testosterone and other hormones in the middle-aged men: longitudinal results from the Massachusetts Male Aging Study. J Clin Endocrinol Metab 2002; 87: 589–98.

111 Papadakis MA, Grady D, Black D, et al. 1996. Growth hormone replacement in healthy older men improves body composition but not functional ability. Ann Intern Med 124:708-716.

112 Harman SM, Metter EJ, Tobin JD, Pearson JD, Blackman MR. Longitudinal effects of aging on serum total and free testosterone levesl

in healthy males. J Clin Endocrinol Metab 2001; 86: 724–31.

113 Ferrucci L, Penninx BW, Volpato S, et al. Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels. J Am Geriatr Soc; 50:1947-1954. (2002)

114 Utian WH: The International Menopause Society menopause-related terminology definitions. Climacteric 2:284-6, 1999.

115 Phillips SK, Rook KM, Siddle NC, Bruce SA & Woledge RC (1993). Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but is preserved by hormone replacement therapy. Clin Sci 84, 95–98

116 Greeves JP, Cable NT, Reilly T & Kingsland C (1999). Changes in muscle strength in women following the menopause: a longitudinal assessment of the efficacy of hormone replacement therapy. Clin Sci 97, 79–84

117 Bassey EJ, Mockett S & Fentem PH (1996). Lack of variation in muscle strength with menstrual status in healthy women aged 45–54 years: data from a national survey. European J Appl Physiol 73, 382–386.

118 Young A, Stokes M & Crowe M (1984). Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. European J Clin Invest 14, 282–287.

119 Kirsty Jayne Elliott, Nigel Timothy Cable, Thomas Reilly, Victoria Sefton, Charles Kingsland and Michael Diver (2005) Effects of supra-physiological changes in human ovarian hormone levels on maximum force production of the first dorsal interosseus muscle. Experimental Physiology 90.2 pp 215-223

120 Kathleen A. Landers, Gary R. Hunter, Carla J. Wetzstein, Marcas M. Bamman and Roland L. Weinsier: The Interrelationship Among Muscle Mass, Strength, and the Ability to Perform Physical Tasks of Daily Living in Younger and Older Women. Journal of Gerontology: 2001, Vol. 56A, No. 10, B443–B448

121 Young, A., M. Stokes, and M. Crowe. The size and strength of the quadrizeps muscles of old and young women. Eur. J. Clin. Invest. 14: 282-287, 1984

122 Sorensen MB. Changes in body composition at menopause--age, lifestyle or hormone deficiency? J Br Menopause Soc; 8:137-140. (2002)

123 Payette H, Roubenoff R, Jacques PF, et al. Insulin-like growth factor-1 and interleukin 6 predict sarcopenia in very old community-living men and women: the Framingham Heart Study. J Am Geriatr Soc; 51:1237-1243, (2003)

124Song MY, Ruts E, Kim J, Janumala I, Heymsfield S, Gallagher D. Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. Am J Clin Nutr 2004; 79:874-880

125 Waters, DL, Baumgartner RN, Garry PJ; Sarcopenia: Current Persperctives. J. Nutr. Health and Aging 4(3) 133- 139, 2000

126 Hughes VA, Frontera WR, Roubenoff R, Evans WJ, Singh MA. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. Am J Clin Nutr 2002; 76:473-481

127 Song MY, Ruts E, Kim J, Janumala I, Heymsfield S, Gallagher D. Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. Am J Clin Nutr 2004; 79:874-880.

128 Schulte JN, Yarasheski KE. Effects of resistance training on the rate of muscle protein synthesis in frail elderly people. Int J Sport Nutr Exerc Metab; 11:S 111-S118. (2001)

129 Durnin JV: Anthropometric methods of assessing nutritional status In Horwitz A: Nutrition in the Elderly, Oxford University Press,1989

130 Pirlich M, Plauth M, Lochs H: Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung; Akt. Ernähr.-Med. (1999) 24:81-90

131 Vandervoort A, McComas A, Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. J. Appl. Physiol. 61(1) 361- 367, 1986

132 Castillo EM, Goodman-Gruen D, Kritz-Silverstein D, Morton DJ, Wingard DL, Barrett-Connor E. Sarcopenia in elderly men and women: the Rancho Bernardo study. Am J Prev Med 2003; 25:226-231.

133 Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. Eur J Appl Physiol 2004; 91:450-472.

134 Yarasheski KE. Managing sarcopenia with progressive resistance exercise training. J Nutr Health Aging 2002; 6:349-356.

135 Hyatt RH, Whitelaw MN, Bhat A, Scott S, Maxwell JD. Association of muscle strenght with functional status of elderly people. Age Ageing 1990; 19:330-336.

136 Seguin R, Nelson ME. The benefits of strength training for older adults. Am J Prev Med 2003; 25:S141-S149.

9. Anhang

9.1 Studienprotokoll

Probandennummer:
Probandeninitialien:
Altersgruppe:: 20-30 J.
31-40 J.
41-50 J.
51-60 J.
61-70 J.
71-80 J.
Geschlecht: weibl. männl.

Normwertstudie M3 Diagnos System

Maximalkraft als maximale Drehmomente bei gesunden Probanden im Bereich von Armbeuge- und Armstreckmuskulatur sowie von Beinbeuge- und Beinstreckmuskulatur

Studienprotokoll

Prüfstellen:

Dr. M. Walter/ Dr. P. Reilich
Friedrich-Baur-Institut
Klinikum der LMU München – Innenstadt
Ziemssenstr. 1
80336 München

Dr. Dr. M. Hartard
Lehrstuhl und Poliklinik f. Präv. und Rehabil. Sportmedizin
Klinikum re.d.Isar der Techn. Univ. München
Connollystr. 32
80809 München

Normwertstudie M3 Diagnos System

Datenerfassungsbogen

Datum der Untersuchung

Tag Monat Jahr

Probandendaten:

Name: **Probandennummer:**

(1. Buchstabe Zuname und Anzahl der Buchstaben
1. Buchstabe Vorname und Anzahl der Buchstaben)

Geb.-Datum: Geschlecht: weibl. männl.

Alter: Gewicht: kg

Größe: cm

AUSSCHLUSSKRITERIEN:

(Für einen Ausschluß muß mindestens eine Frage mit „ja“ beantwortet sein)

Vorliegen von chronischen Erkrankungen	ja	nein
Akute Erkrankungen innerhalb der letzten 2 Wochen	ja	nein
Alkoholabhängigkeit	ja	nein
Einnahme von Medikamenten mit Einfluß auf die Muskulatur	ja	nein
Mehr als 50 Zigaretten innerhalb der letzten 48 h	ja	nein
Mehr als 2h Sport / Woche	ja	nein

Anamnese

Besteht oder bestand eine regelmäßige Einnahme von Medikamenten? Wenn ja, welche?

nein ❑

Besteht oder bestand eine chronische Erkrankung? Wenn ja, welche? Ausheilung?

nein ❑

Bestand eine Unfallverletzung oder eine Knochenfraktur? Wenn ja, welche? Besteht in diesem Zusammenhang eine Krafteinschränkung?

nein ❑

Bestehen Paresen im Meßbereich? Wenn ja, wie lange?

Wurde in der Vergangenheit ein Kraft-/Kraftausdauertraining durchgeführt? Wenn ja, Art, Dauer und Umfang bitte charakterisieren. Welche Sportarten werden derzeit ausgeübt?

Drehmomentmessung (M3)

Datum: _____ **Uhrzeit:_____**

Armbeuger (Biceps) ***Pausenzeit zw. beidseitig - re./li.: 1 Min***

beidseitig					
rechts					
links					

Armstrecker (Triceps)

beidseitig					
rechts					
links					

Beinstrecker (Quadriceps)

beidseitig					
rechts					
links					

Beinbeuger (ischiocrurale Muskulatur)

beidseitig					
rechts					
links					

Dynamometer

Handkraft

rechts		*Ringposition (vom Punkt aus gesehen)*	
links		*Ringposition (vom Punkt aus gesehen)*	

Unterschrift des Untersuchers: _____

10. Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. Thomas Brandt und Herrn Prof. Dr. med. Dieter Pongratz für die Überlassung des Themas und für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und der technischen Ausstattung.

Mein ganz besonderer Dank gilt Priv.- Doz. Dr. med. Maggie Walter und Dr. med. Dr. rer. nat. Manfred Hartard, die durch stete und lobenswerte Betreuung und Hilfe eine große Stütze beim Erstellen dieser Arbeit waren. Sie hatten stets ein offenes Ohr für Fragen und waren dabei immer bereit bei bestehenden Problemen Abhilfe zu leisten.

Besonderen Dank schulde ich Carolina Gollner und Sabine Schiefert, die mir bei technischen und inhaltlichen Problemen mit Rat und Tat zur Seite standen und kreative Denkanstöße lieferten.

Diese Doktorarbeit möchte ich aus Dankbarkeit meinen lieben Eltern widmen, die mir zum Einem das Studium der Humanmedizin ermöglichten und
zum Anderem bei der Erstellung dieser Arbeit, insbesondere in der Abschlußphase, viel Unterstützung und Aufmunterung boten.

11 Lebenslauf

Angaben zur Person	
	Borries Dorstewitz Geburtsdatum: 26.Juni.1977 Geburtsort: München Nationalität:deutsch Familienstand: ledig
Schulausbildung	
1984-1988	Grundschule Kirchseeon
1988-1997	Naturwissenschaftliches *Maria-Theresia-Gymnasium*, München, Abitur
Ersatzdienst/Zivildienst	
1997-1998	Rettungsdiensthelfer beim Bayerischen Roten Kreuz im Kreisverband Ebersberg
Berufsausbildung	
1998-2000	Vorklinisches Studium an der *Otto-von-Guerricke-Universität*,Magdeburg
2000-2003	Klinisches Studium an der *Ludwig-Maximilians-Universität*, München
Praktisches Jahr 2003-2004	1. Tertial **Chirurgie**) / *Krankenhaus München– Schwabing* 2. Tertial **Neurologie** (Allgemeinstation und Stroke Unit) / *Krankenhaus München- Harlaching* 3. Tertial **Innere** (Kardiologie) / *Krankenhaus München– Neuperlach*
Studienbegleitenden Tätigkeiten	
Famulaturen	
26.02.2001 – 26.03.2001	Innere Medizin / *Mexico-Stadt*
11.02.2002- 10.03.2002	Anästhesie / *Krankenhaus München-Bogenhausen*
18.03.2002 – 31.03.2002	Neurologie / *Krankenhaus München-Bogenhausen*
Ärztliche Tätlichkeit	
Assistenzarzt seit Juli 2005	Klinikum München- Pasing Abteilung für Unfall- Viszeral- und Gefäßchirurgie

12 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich diese Dissertation selbständig angefertigt und mich außer den angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient habe. Alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen.

Ich erkläre weiter, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.